

Par/ By  
A. Sellami  
D. Maurel  
E. Kosa  
P. Siaud

7

Réponses hormonales du mérion, un rongeur désertique, à la privation d'eau prolongée : comparaison avec le rat.

Par/ By  
A. Ouannes-Ghorbel  
J. Othman  
M. Nejmeddine Bradai  
A. Bouain

17

Régime alimentaire de *Symphodus (Crenilabrus) cinereus* (Bonnaterre, 1788) des côtes de la région du golfe de Gabès (Tunisie)

Par/ By  
L. Ginsburg

23

Les mammifères du Miocène inférieur de Beaulieu à Rognes (Bouches-Rhône, France)

Par/ By  
A. Gannier

35

Summer activity pattern of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the northwestern mediterranean pelagos sanctuary.

Par/ By  
K. Dhieb  
M. Gorbil  
A. Bouain

43

Âge et croissance du serre *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae) du Golfe de Gabès (Tunisie)

Par/ By  
A. Damerdjil  
A. Djedid

51

Contribution à l'étude bioécologique de la faune du genêt (*Calycotome spinosa* L. (Link)) dans la région de Tlemen (Algérie)

Par/ By  
R. Monteau  
J. Ricour  
I. Argyriadis

61

Structure chevauchante du massif de Marseilleveyre et de l'archipel Riou-Jaïre-Maire, à Marseille (Bouches-du-Rhône)

Par/ By  
S. Laran  
A. Gannier

71

Variation saisonnière de la présence du cachalot (*Physeter macrocephalus*) dans le Sanctuaire Pelagos (Mer Ligure)

Par/ By  
N. Zitouni  
G. Chavanon

79

Mobilité de la communauté ripicole d'une daya du Maroc oriental



**Mésogée** Volume 61 | 2005

*Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle de Marseille*

Directeur de la revue : Anne MEDARD-BLONDEL  
*Review director*                    Directeur du Muséum d'histoire naturelle, Marseille

Comité international de parrainage :

*International sponsorship board*

- Louis BIGOT, Muséum d'histoire naturelle, Marseille, France.
- Mohamed BRADAI, INSTM, Salammbô, Tunisie,.
- Michel BRUNET, Laboratoire de Paléontologie des Vertébrés, Poitiers, France.
- France DE BROIN, Institut de Paléontologie, MNHN, LA CNRS, Paris, France.
- Dominique DOUMENC, Laboratoire de Malacologie et Biologie des Invertébrés marins, MNHN, Paris, France.
- Giuliano FIERRO, Institut des Sciences de la Terre, Gênes, Italie.
- Patrice FRANCOUR, Laboratoire Environnement marin littoral, Université de Nice, France
- André LANGANEY, Musée de l'Homme, Paris, France.
- Louis OLIVIER, Parc National du Mercantour, Nice, France.
- Panayotis PANAYOTIDIS, Centre Hellénique de Recherche Marine, Anavissos, Grèce.
- Jean-Claude QUERO, IFREMER, La Rochelle, France.
- Rachid SEMROUD, ISMAL, Wilaya de Tipaza, Algérie.
- Philippe TAQUET , Département Histoire de la Terre, MNHN, Paris, France.
- Denise VIALE, Laboratoire de Biologie marine, Université de Corté, France
- Nardo VICENTE, CERAM, Marseille, France.

Comité de rédaction :

*Redaction board*

- Denise BELLAN-SANTINI, Station marine d'Endoume, Marseille, France.
- Gilles BONIN, Laboratoire de Biosystématique et d'Ecologie méditerranéenne, Marseille, France
- Alain JEUDY DE GRISSAC, PAMU, Sharm-El-Sheik, Egypte
- Marc LAFAURIE, Laboratoire de Toxicologie Marine, Université de Nice, France.
- Jean PHILIP, Laboratoire de Sédimentologie et Paléontologie, Marseille, France.

Comité d'édition :

*Edition board*

- Sylvie PICHARD, Muséum d'Histoire Naturelle, Marseille, France.
- Philippe SIAUD, Muséum d'Histoire Naturelle, Marseille, France.

MÉSOGÉE, revue scientifique méditerranéenne, est la continuité du Bulletin du Muséum d'histoire naturelle de Marseille. Ce périodique publie en français ou en anglais, au rythme d'un volume annuel, des articles inédits dans les différents domaines des sciences naturelles. Les manuscrits doivent être conformes aux instructions aux auteurs et adressés, ainsi que toute correspondance, à :

MÉSOGÉE  
Muséum d'histoire naturelle  
Palais Longchamp  
F-13004 - MARSEILLE

Téléphone : 04 91 14 59 50  
Télécopie : 04 91 14 59 51  
e-mail secrétariat d'édition : [spichard@mairie-marseille.fr](mailto:spichard@mairie-marseille.fr)

Les manuscrits seront soumis par le comité de rédaction à l'examen de spécialistes français ou étrangers du sujet traité.  
Le Directeur de la publication fixe la liste des articles retenus pour chaque volume annuel. Tous les manuscrits doivent impérativement parvenir au Muséum avant le 31 mai de l'année de parution.  
Les articles parus dans Mésogée sont listés et analysés dans la Base Pascal de l'INIST-CNRS.

MÉSOGÉE, Mediterranean scientific review, is the prolongation of the "Bulletin d'histoire naturelle de Marseille". It publishes, in French or in English, original papers in the different Natural Sciences matters, at the rate of one annual volume. Papers must be conform to the Guidelines of authors and send, with all other correspondence, to the Natural History Museum of Marseille (address over).  
The redaction committee will subject papers to international specialised referees. The review director fixes the list of agreed articles in each annual volume. All papers must imperatively be sent to the Museum before the 31st may of the publication year.  
Papers published in Mésogée are listed and analysed in the Pascal data base of INIST-CNRS.

## AVANT-PROPOS

Si Mésogée n°60 a marqué en 2004 la reprise de la publication, ce volume 61 se veut un numéro de transition. En effet, nous avons pour objectif une édition plus régulière, voire semestrielle à partir de 2007.

Mésogée n°61 illustre la volonté affichée du Muséum d’aborder les problématiques géologiques, biologiques et environnementales du Bassin méditerranéen.

L’étude des restes de vertébrés fossiles du site de Beaulieu par Léonard GINSBURG replace cette faune dans le contexte stratigraphique du Miocène MN3, avec notamment la présentation d’une nouvelle sous-espèce de Cervidae. Raymond MONTEAU, Jean RICOURL et Ion ARGYRIADIS ont quant à eux repris les recherches historiques sur les structures chevauchantes de l’archipel de Riou. Leurs nouvelles observations sur les îles voisines permettent de mieux comprendre la mise en place des paysages actuels.

Deux études dans le Golfe de Gabès en Tunisie ont permis à Amira OUANNES-GHORBEL, Khalifa DHIEB et leurs collègues, de préciser les conditions de croissance, de régime alimentaire d’espèces de poissons à nageoires rayonnées présentant un intérêt économique local et donc de mieux comprendre leur répartition.

Amina DAMERJDI présente un inventaire faunistique du genêt épineux des zones arides de la région de Tlemcen en Algérie, dressant ainsi un état de la biodiversité à un instant donné. De même au Maroc, Naoual ZITOUNI et Guy CHAVANON étudient la mobilité et la pérennité de la faune carabique d’une daya (mare temporaire). Pour mieux comprendre l’adaptation des espèces à la sécheresse, A. SELLAMI, D. MAUREL, E. KOSA et P. SIAUD étudient les processus physiologiques permettant au mérien de réagir à un stress hydrique. La désertification annoncée au 21ème siècle dans le Bassin méditerranéen rend ses études d’autant plus d’actualité.

Dans le cadre de la protection du patrimoine naturel et de la connaissance des cétacés, Alexandre GAGNIER et Sophie LARAN nous offrent le résultat de leurs observations faites dans le sanctuaire Pelagos en Méditerranée occidentale. Le premier relate l’activité des rorquals communs dans ce secteur, le second les déplacements saisonniers du cachalot. Les rapports de ces mammifères marins avec les activités anthropiques croissantes ne peuvent nous laisser indifférents dans le contexte actuel de l’appropriation globale des milieux et de l’espace par l’Homme.

Pour le volume 62, Mésogée sera entièrement consacré au 2ème colloque euroméditerranéen de biologie environnementale qui se tiendra au Muséum de Marseille début décembre 2006.

Initialement annoncé pour juin 2006, le comité d’organisation a décidé de le reporter après l’annonce de la disparition subite et prématurée de Mohammed GUELLATI, Vice-recteur de l’Université d’Annaba en Algérie, Directeur du Laboratoire de Neuroendocrinologie appliquée et cofondateur du colloque. Un hommage lui sera rendu à cette occasion.

Les chercheurs de nombreux pays mettront en commun leurs travaux sur les changements climatiques, l’adaptation des espèces à ces changements, les problèmes de pollution...

Pour rester sur cette thématique, et en raison de l’affinité historique du Palais Longchamp avec l’eau et sa gestion à Marseille, le volume 63 de Mésogée, prévu pour juin 2007, sera consacré à la problématique de l’eau dans le Bassin méditerranéen. Le Muséum de Marseille lance d’ores et déjà un appel à contribution sur les thèmes de l’accessibilité à l’eau, de l’adaptation des espèces à son excès ou son déficit, à l’évolution climatique dans le Bassin méditerranée, à la pollution de l’eau, sa prévention ou son traitement, à la gestion de l’eau douce ou marine.

par Anne MEDARD-BLONDEL  
Directeur de publication  
Directeur – Conservateur  
du Muséum d’histoire naturelle de Marseille

## EDITORIAL

Mésogée is evolving. The publication of volume 60 in 2004 marked the rebirth of the journal and this new volume, no. 61, is a transition issue. Our aim is to publish editions of this journal more regularly, possibly every six months from 2007.

Mésogée no. 61 illustrates the clear desire of the Museum to tackle the geological, biological and environmental problems of the Mediterranean Basin. Leonard Ginsburg's study of the fossilised remains of vertebrates at Beaulieu has placed these animals back in their stratigraphic context — Miocene MN3 — and led to the identification of a new subspecies in the Cervidae. Raymond Monteau, Jean Ricour and Ion Argyriadis have continued their historical research into the overlapping structures of the Riou archipelago. Their new observations on the neighbouring isles should help us to understand how the current landscape formed.

Based on two studies in the Gulf of Gabes, Tunisia, Amira Oannes-Ghorbel, Khalifa Dhieb and their colleagues have determined the conditions for growth and diet of species of fish with striped fins of local economic value. This work has provided new information about the distribution of these species.

Amina Damerjdi presents an inventory of the fauna associated with *Genista scorpius* in the arid zones of the Tlemcen region of Algeria, providing a snapshot of biodiversity. Similarly, Naoual Zitouni and Guy Chavanon have studied the mobility and long-term persistence of carabid beetles in a temporary lake in Morocco. A. Sellami, D. Maurel, E. Kosa and P. Siaud have added to our understanding of the adaptation of species to drought, by studying the physiological processes underlying the reaction of Shaw's gird to water stress. The predicted desertification of the Mediterranean Basin during the course of the 21st Century makes this work all the more important.

With the aim of preserving our natural heritage and increasing our knowledge of cetaceans, Alexandre Gagnier and Sophie Laran present their observations, made in the Pelagos sanctuary in the western Mediterranean. The first of these studies relates the activities of fin whales in this sector and the second deals with the seasonal migrations of sperm whales. The reactions of these marine mammals to increases in human activity can leave no-one indifferent in the current context of global appropriation of the environment and of space by humans.

Volume 62 of Mésogée will be entirely dedicated to the 2nd Euro-Mediterranean Environmental Biology Colloquium, to be held at the Museum of Marseilles at the beginning of December 2006.

Initially planned for June 2006, the organising committee decided to postpone this conference after the announcement of the untimely, sudden death of Mohammed Gullati, the Vice-Dean of the University of Annaba in Algeria, Director of the Applied Neuroendocrinology Laboratory, one of the cofounders of this colloquium. The meeting will include a homage to this eminent scientist.

Researchers from many different countries will present their work on climate change, the adaptation of species to these changes, pollution problems and many other topics.

Volume 63 of Mésogée, planned for June 2007, will pursue this theme and build on the historical affinity of Longchamp Palace for water and its management at Marseilles. This issue will be dedicated to problems relating to water in the Mediterranean Basin. The Museum of Marseilles has already launched an appeal for contributions on the themes of access to water, the adaptation of species to excess water or drought, climate change in the Mediterranean Basin, water pollution and its prevention and treatment, and the management of freshwater and seawater resources.

Anne MÉDARD-BLONDEL  
Director of publication  
Director-Curator  
of the Natural History Museum of Marseille

# Réponses hormonales du mérion, un rongeur désertique, à la privation d’eau prolongée : comparaison avec le rat.

A. Sellami\* , D. Maurel\*\*, E. Kosa\*\* et P. Siaud\*\*\*

\* Laboratoire de Physiologie animale, Département de Biologie,  
Faculté des Sciences, 1060 Campus universitaire, Tunis, Tunisie.

\*\* Laboratoire d’otologie neuro-otologie, EPI 9902 INSERM, Fac Médecine Nord,  
Bd P. Dramard, 13916 Marseille cedex 20, France.

\*\*\* Museum d’Histoire Naturelle de Marseille, Palais Longchamp,  
13004 Marseille, France.

La résistance des rongeurs à la vie dans un milieu où la sécheresse peut sévir plusieurs mois successifs par an implique une aptitude à réduire l’élimination d’eau par les urines et à contrôler les fuites ioniques. Divers travaux ont montré que le rein de ces petits mammifères des régions arides et désertiques avait développé des adaptations morphologiques (néphrons à anses longues, papille longue, particularités vasculaires...) qui lui confèrent la possibilité d’émettre des urines très concentrées (Bankir & De Rouffignac, 1985; Elalouf *et al.*, 1985; Rabhi *et al.*, 1996). En effet, les pressions osmotiques de l’urine du mérion (*Meriones shawi shawi*) sont de 1000 mosm/l en régime hydraté et atteignent 4500 mosm/l après 3 semaines de régime sec (Ben Chaouacha-Chekir, 1989). En fait, l’adaptation à l’aridité implique tout le système osmorégulateur et le pouvoir de concentration du rein est dépendant d’hormones qui contrôlent les mécanismes de transport au niveau des néphrons, hormones au rang desquelles la vasopressine et l’aldostérone sont les intervenants majeurs. Peptide hypothalamo-hypophysaire, la vasopressine (AVP) a pour effet essentiel d’augmenter la perméabilité à l’eau du tube collecteur du néphron (effet antidiurétique); elle modifie également les transports des électrolytes, notamment le sodium et le potassium en augmentant le recyclage de ces ions dans la médullaire rénale (De Rouffignac & Morel, 1969; De Rouffignac *et al.*, 1973; Elalouf *et al.*, 1985; De Rouffignac, 2001).

L’aldostérone, stéroïde cortical, favorise la réabsorption de sodium (Na) et l’excrétion de potassium (K). Ces deux hormones contribuent, à la fois, au maintien de l’homéostasie électrolytique et du gradient corticomédullaire dont dépend le pouvoir de concentration du rein. Le métabolisme de l’eau et celui des électrolytes sont étroitement liés. L’absence d’eau d’origine alimentaire perturbe la balance électrolytique des espèces non adaptées à la vie en milieu aride et, à long terme, le désordre de cette balance provoque des accidents neurologiques et cardiaques pouvant entraîner la mortalité.

Les diverses études concernant le métabolisme hydrominéral des espèces vivant en milieu aride ont essentiellement concerné le métabolisme de l’eau (De Rouffignac & Morel, 1965; Bradshaw *et al.*, 1976; Lachiver *et al.*, 1978; Ben Chaouacha-Chekir, 1989). Ce dernier est réduit lorsque les animaux sont soumis à un régime sec prolongé. Pour *Meriones shawi sbawi*, la baisse du métabolisme hydrique et la concentration de l’urine permettent au rongeur de ne pas modifier son volume d’eau corporelle lorsqu’il est exprimé en pourcentage du poids du corps (Ben Chaouacha-Chekir, 1989).

## Résumé

Les effets d’une privation d’eau de 2, 8 et 30 jours sont étudiés chez un rongeur désertique, *Meriones shawi shawi* et comparés avec ceux obtenus chez le rat (*Rattus norvegicus*) placé dans les mêmes conditions. Pour *Meriones shawi shawi*, la privation prolongée d’eau n’affecte ni la pression osmotique, ni le taux de sodium, ni celui de potassium du plasma. Les niveaux d’aldostérone et de vasopressine circulantes sont comparables à ceux des témoins après 2 jours de régime sec; ils s’élèvent simultanément à partir de 8 jours de privation. Chez le rat, la carence hydrique se traduit par des augmentations du niveau de la vasopressine circulante, de la pression osmotique et du taux de sodium du plasma. Les variations sont significatives dès 2 jours de privation d’eau. Par contre les taux circulants de potassium et d’aldostérone ne sont pas modifiés. Nos résultats montrent des différences entre les 2 espèces : le rat privé d’eau est, dès le deuxième jour, en déséquilibre hydroélectrolytique malgré une sécrétion accrue de vasopressine; le rongeur désertique maintient son équilibre hydroélectrolytique sans activation notable des systèmes hormonaux pendant les 2 premiers jours de privation d’eau; à plus long terme, une contribution simultanée de la vasopressine et de l’aldostérone augmente les performances du rein.

## Mots-clés:

Mérion, rat, privation hydrique, vasopressine, aldostérone, osmo-régulation.

## Abstract

**Hormonal responses in the shaw’s jird, a desert rodent, subjected to water-restriction: comparison with the rat.**

The effects of 2, 8 and 30 days of water deprivation were studied in a desert rodent, the shaw’s jird (*Meriones shawi shawi*), and are compared with those obtained in the rat (*Rattus norvegicus*) maintained under the same conditions. For the shaw’s jird, the prolonged water deprivation affects neither the osmotic pressure, nor the plasma sodium (Na) and potassium (K) concentrations. The levels of blood circulating aldosterone and vasopressine, after 2 days of water deprivation, are comparable with those of the control normohydrated rats but rise simultaneously after 8 days of deprivation. In the rat, 2 days of water deprivation increase the plasma vasopressin levels, the osmotic pressure and the sodium rate of plasma. By contrast, the potassium and aldosterone plasmatic levels are not modified. Our results show differences between the 2 species: the water-deprived rat is in hydroelectrolytic imbalance after two days only, in spite of an increased secretion of vasopressin. The shaw’s jird maintains its hydroelectrolytic equilibrium without notable activation of the hormonal systems for the first two days of water deprivation; later on, a simultaneous contribution of the vasopressin and aldosterone increases the kidney performances.

## Keywords:

Desert rodent, shaw’s jird, rat, water deprivation, vasopressin, aldosterone, osmoregulation.

RESULTATS

L'objectif de ce travail est de déterminer les variations de la pression osmotique et des principaux électrolytes (Na - K) du plasma de *Meriones shawi shawi* au cours d'une privation prolongée d'eau. L'évolution des systèmes hormonaux impliqués dans la régulation des électrolytes est déterminée par évaluation des concentrations plasmatiques de l'aldostérone et de la vasopressine. Une comparaison est faite avec des rats soumis aux mêmes conditions expérimentales.

Les mérions (*Meriones shawi shawi*), pesant de 100 à 150 g, proviennent d'un élevage développé au laboratoire à partir d'animaux capturés dans le sud de la Tunisie. Les rats de souche Wistar sont fournis par la pharmacie centrale de Tunisie. Les animaux, tous mâles et adultes, stabulés en cages individuelles, sont placés dans les mêmes conditions de température (20 ± 1 °C), photopériode (12L/12D) et d'hygrométrie (70 à 80 %). La nourriture constituée de biscuits, d'orge et de légumes (carottes et salades) est fournie *ad libitum*. Les mérions sont réparties en 4 lots de 6 animaux chacun : un lot témoin (T) recevant eau et nourriture *ad libitum* et 3 lots (J2, J8, J30) pour lesquels eau et légumes sont retirés du régime respectivement 2, 8 et 30 jours avant le sacrifice. Les rats sont répartis en seulement 3 lots (T, J1, J2) avec les mêmes conditions expérimentales; le lot J30 est supprimé en raison des limites de survie de l'espèce. Les sacrifices ont lieu le matin entre 9h et 11h. Le sang servant au dosage des ions et de l'osmolalité est prélevé par ponction du sinus infraorbital pour les mérions et au niveau de la carotide pour les rats. Les dosages hormonaux sont effectués sur le sang du tronc après décapitation. Les échantillons de sang sont centrifugés et la détermination de la pression osmotique du plasma est immédiatement réalisée à l'aide d'un microosmomètre. Le reste du plasma est aliquoté et conservé à - 20 °C jusqu'à la mise en route des dosages. La quantification du sodium et du potassium est réalisée par photométrie de flamme. Les hormones sont dosées par RIA. Pour le dosage de l'aldostérone, nous avons utilisé un kit fourni par CIS Bio International (Gif-sur-Yvette, France). La limite de détection du dosage est estimée à 15 pg/ml; les coefficients de variation intra- et inter-essais sont respectivement de 6,5 et 7,5 %. La vasopressine est dosée après extraction à l'acétone selon la technique décrite par **Conte-Devolx et al.** (1992). L'antisérum utilisé (dilution finale 1/20 000) nous a été gracieusement fourni par le Professeur Ch. Oliver (INSERM U501, Faculté de Médecine Nord, Marseille, France). La limite de détection du dosage est de 1.5 pg/ml et les coefficients de variation intra- et inter-essais sont respectivement de 5.5 et 9 %.

Les résultats sont exprimés par la moyenne ± l'erreur standard. La signification statistique des différences entre les moyennes est évaluée par comparaison des variances (ANOVA).

1 - Poids des animaux (Fig. 1)

La privation d'eau entraîne chez le rat une perte de poids corporel importante, statistiquement significative dès le deuxième jour (p < 0.01) et atteignant jusqu'à 30 % du poids initial après 8 jours de traitement. Chez le mérion, la perte de poids n'excède pas 10 % du poids initial après 8 jours et 15 % après 30 jours de régime sec, cette diminution n'étant par ailleurs jamais statistiquement significative. Chez les deux espèces aucune mortalité n'est survenue au cours de cette mise en régime sec.

2 - Pression osmotique (Fig 2) et taux plasmatiques du sodium et du potassium (Fig 3 et b)

Pour *Meriones*, la pression osmotique moyenne du plasma (307,6 ± 12,9 mosm/kg d'eau) est supérieure à celle du rat (277,6 ± 0,7 mosm/kg d'eau) avec une toutefois grande variabilité

individuelle comme en témoigne l'importance de la valeur de l'erreur standard (Fig 2). 30 jours de régime sec n'affectent significativement ni la pression osmotique ni les niveaux plasmatiques de Na et de K (Fig 3a et b). Une augmentation non significative est toutefois observée pour les 3 paramètres au terme de la première semaine de traitement, à J8, avec corrélativement une diminution de la variabilité interindividuelle et un resserrement des valeurs, traduit par une diminution très importante de l'erreur standard notamment en ce qui concerne la pression osmotique (cf. Fig 2, J8 *vs* T).

Pour le rat, l'osmolalité (Fig 2), significativement augmentée dès 2 jours de privation d'eau (290,2 ± 2,0 *vs* 277,6 ± 0,7 mosm/kg d'eau chez les témoins hydratés; P < 0,01) l'est encore plus à J8 (315,8 ± 7,7 *vs* 277,6 ± 0,7). Le taux de Na dans le plasma augmente régulièrement et significativement au cours des 8 jours de régime sans eau (Fig 3a) avec un profil parallèle à celui de la pression osmotique (cf. Fig 2), alors que le taux plasmatique de K reste strictement inchangé (Fig 3b).

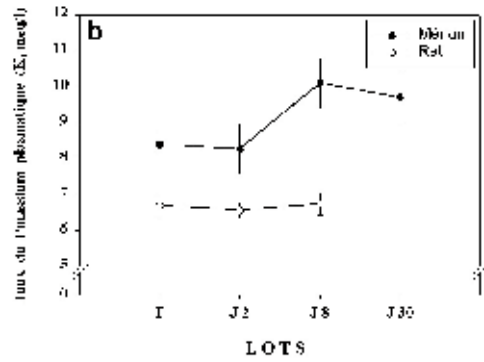
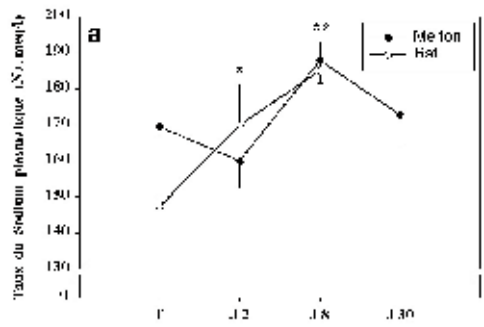
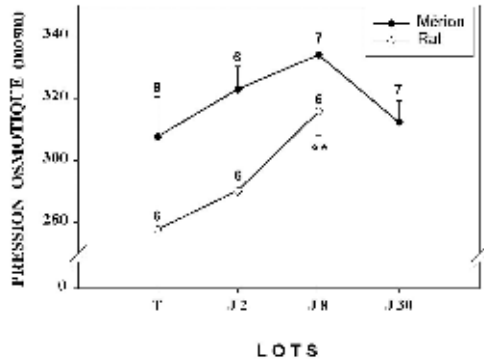
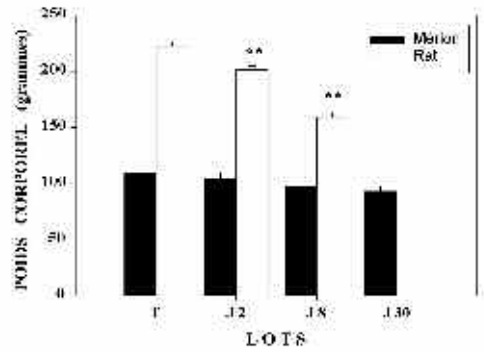


Figure 1  
Evolution du poids corporel du rat et du mérion au cours d'un régime sec de 2 jours (J 2), 8 jours (J 8) et 30 jours (J 3).  
T = témoins en régime hydraté.  
m + SEM.. \*\* : P<0.01 vs T.

Figure 2  
Evolution de la pression osmotique du plasma du rat et du mérion soumis à un régime sec de 2 jours (J 2), 8 jours (J 8) et 30 jours (J 30).  
T= témoins en régime hydraté.  
m + SEM. \*\* : P<0.01 vs T.

Figure 3  
Evolution des taux de Na (a) et de K (b) dans le plasma du rat et du mérion au cours de la privation d'eau. Les animaux sont soumis à un régime sec de 2 jours (J 2), de 8 jours (J 8) ou de 30 jours (J 30).  
T= témoins en régime hydraté.  
m + SEM \* : P<0.5 et \*\* : P<0.01 vs T



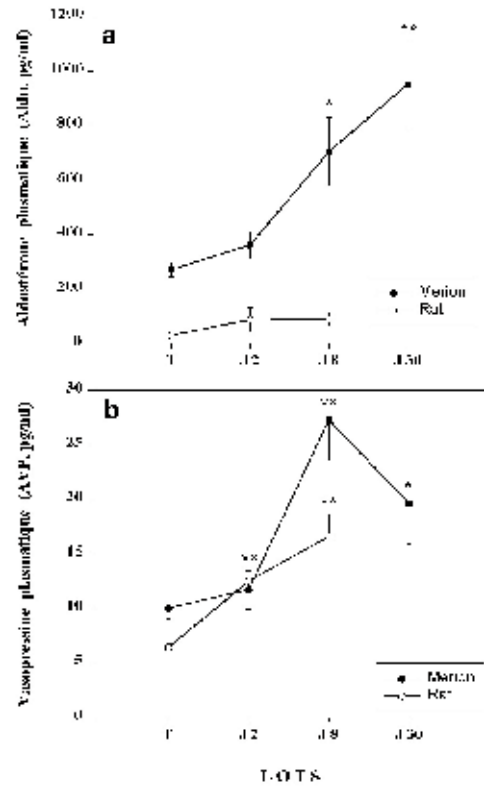
3 - Evolution de l'aldostérone et de la vasopressine (Fig. 4)

Chez *Meriones*, les niveaux d'aldostérone et de vasopressine ne sont pas modifiés par 2 jours de régime sec mais ils augmentent significativement à partir de 8 jours de privation d'eau. Au bout de 30 jours ils s'élèvent encore pour l'aldostérone et bien que diminuant en ce qui concerne l'AVP, ils restent toutefois significativement supérieurs à ceux mesurés chez les témoins (P < 0,05) (Fig 4b).

Chez le rat, le niveau plasmatique de l'aldostérone est maintenu stable pendant les 8 jours de carence hydrique (Fig 4a). Par contre, le niveau de l'AVP plasmatique est significativement augmenté par la restriction d'eau aussi bien à J2 (P < 0,01) qu'à J8 (P < 0,01).

Figure 4

Profil d'évolution de l'aldostérone (a) et de la vasopressine (b) dans le plasma de rat et de mérion au cours de la privation d'eau. Les animaux sont soumis à un régime sec de 2 jours (J 2), de 8 jours (J 8) ou de 30 jours (J 30). T= témoins en régime hydraté. m + SEM. \* : P<0,05 et \*\* : P<0,01 vs T.



## DISCUSSION

Le régime sec prolongé affecte différemment la balance hydroélectrolytique du rat et du mérion. Une hémococoncentration est observée chez le rat dès 2 jours de privation d'eau; par contre, le rongeur désertique stabilise ses paramètres sanguins pendant toute la durée de l'expérimentation. Les profils d'évolution de l'aldostérone et de la vasopressine montrent, également, des différences entre les 2 espèces.

L'absence d'apport alimentaire d'eau entraîne, chez le rat, une déshydratation matérialisée par une perte de poids corporel, une augmentation de la pression osmotique plasmatique et du taux de Na circulant dès 2 jours de privation. L'augmentation de l'AVP circulante atteste de la stimulation du système vasopressinergique; toutefois, les résultats témoignent d'une balance hydrique déficitaire et l'importance des variations est fonction de la durée du traitement. Les niveaux de variations de la vasopressine, de la pression osmotique et du taux de sodium du plasma sont corrélés montrant que cette hormone a un effet déterminant dans la stratégie d'économie d'eau chez cette espèce. Par contre, les niveaux du K et de l'aldostérone plasmatiques ne montrent pas de variations significatives par rapport aux témoins. La distribution essentiellement intracellulaire du K contribue à la stabilité du niveau de cet ion dans le plasma. En résumé, les altérations de la balance hydrosodée du rat déshydraté ne sont pas associés à des changements appréciables de l'aldostérone plasmatique. Chez le rat, les résultats des différentes études sont parfois contradictoires et toujours difficilement comparables dans la mesure où les souches de rat sont différentes, les durées ainsi que les protocoles de privation

hydrique variables d'une étude à l'autre. Une augmentation significative de l'aldostérone plasmatique est mesurée chez la souche Long-Evans (déshydratation de 53 heures) et Brattleboro (déshydratation de 14 heures) (Bennett & Gardiner, 1987) ainsi que chez la souche Wistar (déshydratation de 3 jours) (Chatelain *et al.*, 2003), alors qu'aucun changement n'est observé chez la souche Sprague-Dawley après 48 heures de totale privation hydrique (Windle *et al.*, 1993) ou 6 jours de restriction hydrique, l'eau n'étant fournie que pendant 30 minutes durant chaque 24 heures (Wotus & Engeland, 2003). Chez le chien aucune modification de l'aldostérone ou un léger accroissement ont été signalés après 24 heures de privation hydrique (Zucker *et al.*, 1982; Thrasher *et al.*, 1984; Metzler *et al.*, 1986). Chez d'autres espèces adaptées aux conditions désertiques, les résultats paraissent aussi variables en fonction des divers travaux. Ainsi, chez le chameau, Yagil & Etzion (1979) observent une diminution des niveaux d'aldostérone alors qu'aucun changement notable n'est observé après 14 jours de déshydratation par Ben Goumi *et al.* (1993). De la même manière, chez le cheval de Namibie (adapté au désert) les taux d'aldostérone sont significativement diminués dès le 3<sup>e</sup> jour de déshydratation (Sneddon *et al.*, 1993). Cette hormone dont le rôle dans le contrôle du contenu en sel du corps est primordial (Schnermann, 2003), dans les conditions normales, ne semble plus jouer un rôle essentiel dans les conditions sévères de déshydratation. La vasopressine devient l'hormone à rôle majeur dans la régulation de la balance hydro-électrolytique du rat lors de la privation d'eau.

Comparées aux réactions du rat, celles du rongeur désertique en réponse à un régime sec prolongé sont différentes. La perte de poids corporel est modeste par rapport à celle observée chez le rat (seulement 10 % du poids initial après 8 jours de traitement, alors qu'elle atteint 30 % chez le rat), elle s'atténue lorsque la privation d'eau se prolonge (15 % du poids initial après 30 jours). Il est intéressant de signaler qu'au-delà de 2 à 3 mois de régime sec (observations personnelles), la perte de poids se stabilise entre 18 et 20 % du poids initial. Une évolution similaire du poids corporel (perte de poids puis stabilisation) a été observée chez de jeunes mériens soumis à une carence hydrique de 3 mois (Sahni *et al.*, 1992).

D'autres travaux ont montré par ailleurs que la balance hydrique de *Meriones shawi shawi* évoluait en 2 étapes en réponse à un régime sec. Elle est déficitaire au cours de la première semaine puis le déficit se réduit lorsque la privation d'eau se prolonge (Ben Chaouacha-Chekir, 1989; Sahni *et al.*, 1992). Les perturbations de l'équilibre hydrique de la première semaine peuvent expliquer la perte de poids relativement importante et les fluctuations positives de la pression osmotique et de la natrémie que nous avons observées.

La pression osmotique du plasma de mérion recevant un régime hydraté, comme celle d'autres rongeurs adaptés à la vie en milieu aride, est supérieure à celle du rat (tableau 1). Une augmentation, sans signification statistique toutefois, est notée chez la plupart des espèces étudiées lorsqu'elles sont soumises à un régime sec à l'exception de *Dipodomys spectabilis* dont l'osmolalité plasmatique augmente significativement (Stallone & Braun, 1988). Le sodium, principal agent osmotique du milieu extracellulaire, évolue parallèlement à la pression osmotique chez les animaux privés d'eau: les variations ne sont pas significatives chez *Meriones shawi shawi* (nos résultats) et *Notomys alexis* (Hewitt *et al.*, 1981) alors qu'elles sont significatives chez *Dipodomys spectabilis* (Stallone & Braun, 1988). La concentration de K dans le plasma ne montre pas de différences entre les animaux en régime hydraté et les animaux en régime sans eau chez toutes les espèces étudiées: rat et mériens (nos résultats), *Notomys alexis* (Hewitt *et al.*, 1981) et même chez *Dipodomys spectabilis* (Stallone & Braun, 1988). Dans l'ensemble, le régime sec affecte peu ou pas les paramètres sanguins des rongeurs adaptés à la vie en milieu aride. Une variation appréciable de la composition sanguine paraît peu compatible avec une survie prolongée dans les conditions de leur milieu naturel, ainsi le mérion stabilise rapidement ses paramètres sanguins et peut vivre plusieurs mois sans eau (observations personnelles).

Cette stabilité témoigne d'un équilibre entre les entrées et les sorties de l'eau et des électrolytes. Les mesures des flux d'eau ont confirmé chez cette espèce, soumise à un régime sec, l'utilisation d'eau métabolique d'origine endogène c'est à dire provenant du catabolisme des réserves notamment adipeuses (Ben Chaouacha-Chekir, 1989). Toutefois, la part la plus

importante de l'eau métabolique est d'origine alimentaire et provient du catabolisme des aliments ingérés. Il a été montré expérimentalement que le méridon modifiait son comportement alimentaire lorsqu'il est en privation d'eau en orientant son choix vers l'utilisation de graines riches en glucides (**Ben Chaouacha-Chekir, 1989**) ou augmentant sa consommation (**Sahni *et al.*, 1992**) afin de garantir un maximum d'apport d'eau métabolique. Une polyphagie a également été observée chez d'autres espèces de milieux arides (**Sicard, 1992**). Ce comportement alimentaire permet de compenser le manque d'apport d'eau libre et s'oppose à celui du rat qui réduit sa consommation alimentaire parallèlement à sa consommation d'eau.

Tableau 1

Pression osmotique du plasma (mosm/kg d'eau) de *Meriones shawi shawi* en régime hydraté et en régime sec ; comparaison avec le rat et avec d'autres espèces de milieu aride

Espèce	régime hydraté	régime sec	Statistique	Référence
<i>Meriones shawi shawi</i>	307,6 ± 12,9	334 ± 2,3	NS	nos résultats
<i>Meriomes lbicus</i>		328 ± 5,4		Lacas <i>et al.</i> , 1998
<i>Taterillus gracilis</i>	361 ± 6	376 ± 6	NS	Lacas <i>et al.</i> , 2000
<i>Steatomys caurius</i>	401 ± 9	426 ± 16	NS	Lacas <i>et al.</i> , 2000
<i>Notomys alexis</i>	336,9 ± 5,8	329,5 ± 8,6	NS	Hewitt <i>et al.</i> , 1981
<i>Dipodomys spectabilis</i>	308,6 ± 0,5	329,7 ± 2,4	P<0,01	Stallone et Braun, 1998
Rat	277,6 ± 0,5	315,8 ± 7,0	P<0,01	nos résultats

NS : pas de différence significative ; P<0,01 : différence significative

Au niveau hormonal, 2 jours de régime sec ne modifient ni le niveau de la vasopressine ni celui de l'aldostérone dans le plasma. A court terme, les performances du rein permettent sans stimulation appréciable des systèmes hormonaux de maintenir les paramètres sanguins à un niveau physiologique. A partir de 8 jours de privation d'eau, l'élévation simultanée des niveaux plasmatiques de l'AVP et de l'aldostérone laisse supposer, à plus long terme, une implication de ces 2 hormones dans le maintien de la balance hydrosodée du rongeur privé d'eau.

Il est actuellement admis que les particularités anatomiques du rein des rongeurs désertiques confèrent à cet organe un fort pouvoir de concentration de l'urine. Différents travaux ont tenté d'élucider les contributions endocriniennes à l'économie d'eau permettant à ces espèces de résister dans les conditions extrêmes de leur milieu. Ces travaux ont essentiellement porté sur le système vasopressinergique qui manifeste une augmentation d'activité suite à la privation d'eau chez toutes les espèces étudiées (**Baddouri *et al.*, 1981**; **Stallone et Braun, 1988**; **Laamarti & Baddouri, 1992**) y compris *Meriones shawi shawi* (nos résultats). Les travaux concernant les autres systèmes hormonaux sont peu nombreux. Les peptides natriurétiques, en particulier l'ANP, qui ont un effet diurétique (opposé à celui de l'AVP) et qui inhibent la sécrétion d'aldostérone se trouvent, aussi bien dans le plasma que dans le cœur de *Meriones lybicus*, en quantité plus faible que chez le rat (**Lacas *et al.* 1998, 2000**). La réponse de ce système hormonal à la privation d'eau dépend de l'espèce considérée : la sécrétion de l'ANP diminue chez *Taterillus gracilis* (**Lacas *et al.*, 2000**) mais n'est pas affectée chez *Jaculus orientalis* (**Ben Salah-Alaoui, 1992**) et chez *Steatomys caurinus* (**Lacas *et al.*, 2000**).

A l'inverse, l'activité rénine plasmatique (**Baddouri *et al.*, 1981**) et le taux circulant d'angiotensine II (**Ben Salah-Alaoui, 1992**) sont particulièrement élevés chez la gerboise (*Jaculus orientalis*), en régime sec. Etant un puissant vasoconstricteur, l'angiotensine peut, ainsi, contribuer à une diminution de la filtration glomérulaire et donc des fuites urinaires ; c'est aussi un stimulant de la sécrétion d'aldostérone. Chez une autre espèce, *Gerbillus campestris*, le régime sec augmente le niveau de l'aldostérone plasmatique sans modification du taux du K plasmatique (**Laamarti & Baddouri, 1992**). Nous constatons chez *Meriones shawi shawi*, soumise à un régime sec de 8 jours ou plus, des résultats similaires à savoir une augmentation de l'aldostéronémie sans changement de la kaliémie. La spécificité du contrôle hormonal des mécanismes de transport au niveau des néphrons a été montrée, chez les animaux de laboratoire, par différents travaux (**Rocha *et al.*, 1974**; **Sasaki & Imai, 1980**; **Rocha *et al.*, 1982**; **1<sup>er</sup> mai, 1984**; **Imai *et al.*, 1984**). L'augmentation du niveau de l'aldostérone en réponse à la privation d'eau chez les rongeurs désertiques, bien que méritant d'être vérifiée chez d'autres espèces, semble être une particularité adaptative. L'aldostérone est une hormone qui contrôle la réabsorption du Na au niveau de la partie distale du néphron,

en régulant l'activité et l'abondance des canaux sodiques de la membrane apicale, et au niveau de la partie proximale, en augmentant l'activité des échangeurs Na/H (**Schnermann, 2003**). L'augmentation de l'aldostérone plasmatique chez le rongeur désertique soumis à un régime sec, se traduirait au niveau du néphron par une augmentation de la réabsorption du Na. Le niveau du Na ne variant pas dans le plasma, le Na réabsorbé serait, grâce à l'architecture adaptée du rein de ces animaux (**Bankir & De Rouffignac, 1985**), piégé dans le rein où il contribue à l'augmentation du gradient corticopapillaire permettant en présence d'un niveau élevé d'AVP d'augmenter la réabsorption de l'eau. L'économie d'eau résulte d'une action complémentaire des 2 hormones sur le rein.

La synergie d'action entre l'aldostérone et la vasopressine est bien documentée (**Hawk *et al.*, 1996**; **Schafer, 1994**; **Chen *et al.*, 1990**). Elle est démontrée sur le transport du Na chez le rat (**Chen *et al.*, 1990**) et le xénope (**Bindels *et al.*, 1988**; **Verrey, 1994**) et sur le transport du Cl chez la souris (**Duong Van Huyen, 1998**). La perméabilité à l'eau du canal collecteur du lapin est également synergiquement augmentée par l'AVP et l'aldostérone (**Schwartz & Kokko, 1980**).

Les mécanismes d'interaction entre ces 2 hormones sont mal connus ; elles semblent moduler d'une manière coordonnée l'activité de certaines enzymes. Ainsi, la présence d'aldostérone est nécessaire à la stimulation AVP-dépendante de l'adénylate cyclase chez le rat (**El Mernissi *et al.*, 1993**) et de la Na-K-ATPase chez la souris (**Coutry *et al.*, 1995**). Par ailleurs, la disponibilité des récepteurs des minérolacorticoïdes nécessaire à la réponse biologique de l'aldostérone dépend de l'activité d'une enzyme, la 11-b-hydroxystéroïde déshydrogénase, cette activité enzymatique étant AVP-dépendante (**Alfaidy *et al.*, 1997**).

En conclusion, le rat est déjà déshydraté après 2 jours de privation d'eau et sa balance hydrique est déficitaire malgré une stimulation du système vasopressinergique. Sa survie en régime sec est limitée. L'évolution différente du sodium et du potassium dans le plasma montre que les régulations du métabolisme de ces 2 ions sont dissociées. L'aldostérone dont le niveau varie peu, semble intervenir dans la régulation fine de la balance sodium-potassium sans contribution majeure dans les conditions extrêmes de déshydratation. *Meriones sbawi sbawi*, soumis à un régime sec prolongé, stabilise la pression osmotique, le sodium et le potassium du plasma, ce qui garantit sa survie (plus de 2 ans, observations personnelles). Cette espèce est apte, sans activation des systèmes hormonaux, à maintenir son homéostasie pendant 2 jours de privation d'eau. La stabilisation du milieu sanguin est la conséquence de l'implication de plusieurs facteurs d'ordre comportementaux, anatomiques, métaboliques et, à plus long terme, endocriniens : aldostérone et vasopressine agissent en synergie pour augmenter les performances du rein.

Alfaidy N., Blot-Chabaud M., Bonvalet J.-P. & Farman N., 1997. Vasopressin potentiates mineralocorticoid selectivity by stimulating 11b hydroxysteroid deshydrogenase in rat collecting duct. *J. Clin. Invest.*, **100** (10) : 2437-2442.

Baddouri K., Marchetti J., Hilali M. & Menard J., 1981. Mesure de l'hormone antidiurétique et de l'activité rénine plasmatique chez les rongeurs désertiques (*Jaculus orientalis* et *Jaculus deserti*). *C. R. Acad. Sci., Série D, Paris*, **292** : 1143-1146.

Bankir L. & De Rouffignac C., 1985. Urinary concentrating ability : insights from comparative anatomy. *Am. J. Physiol.*, **249** : R643-R666.

Ben Chaouacha-Chekir R., 1989. *Fonction thyroïdienne et métabolisme hydrique chez quelques gerbillidés du sud tunisien*. Thèse doct. d'état. Museum National d'Histoire naturelle et Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.

Ben Goumi M., Riad F., Giry J., de la Farge F., Saftwate A., Davicco M.-J. & Barlet J.-P., 1993. Hormonal control of water and sodium in plasma and urine of camels during dehydration and rehydration. *Gen. Comp. Endocrinol.*, **89** : 378-386.

CONCLUSION

REFERENCES



**Bennett T. & Gardiner S.M., 1987.**Water deprivation : effects on fluid and electrolyte handling and plasma biochemistry in Long-Evans and Brattleboro rats.J. *Physiol. London*, **385**: 35-48.

**Ben Salah-Alaoui A., 1992.** Le facteur atrial natriurétique chez un rongeur désertique : *Jaculus orientalis*.Actes du III<sup>ème</sup> congrès national d'endocrinologie comparée. Rabat. Maroc.

**Bindels R.J.M., Schaferet J.A. & Reif M.C., 1988.** Stimulation of sodium transport by aldosterone and arginin vasotocin in A6 cells. *Biochim. Biophys. Acta*, **972**: 320-330.

**Bradshaw D., Cheniti T. & Lachiver F., 1976.**Taux de renouvellement d'eau et balance hydrique chez deux rongeurs désertiques, *Meriones shawi* et *Meriones libycus*, étudiés dans leur environnement naturel en Tunisie. *C.R.Acad. Sci. Série D, Paris*, **282**: 481-484.

**Chatelain D., Montel V., Dickes-Coopman A., Chatelain A. & Deloof S., 2003.**Trophic and steroidogenic effects of water deprivation on the adrenal gland of the adult female rat. *Regulatory Peptides.*, **137**: 311-319.

**Chen L., Williams S.K. & Schafer A., 1990.** Differences in synergistic actions of vasopressin and deoxycorticosterone in rat and rabbit CCD. *Am.J. Physiol.*, **259**: F147-F156.

**Conte-Devolx B., Boudouresque F., Graziani N., Magnan E., Grino M., Empereire N., Nahoul K., Cataldi M. & Oliver C., 1992.** Effects of metyrapone infusion on corticotropin-releasing factor and arginine vasopressin secretion into the hypophysial portal blood of conscious, unrestrained rams. *Acta Endocrinol.*, **127**: 435-440.

**Country N., Farman N., Bonvalet J.-P. & Blot-Chabaud M., 1995.** Synergistic action of vasopressin and aldosterone on basolateral Na + -K + -ATPase in the cortical collecting duct. *J. Membr. Biol.*, **145**: 99-106.

**De Rouffignac C. & Morel F., 1965.** Etude comparée du renouvellement de l'eau chez 4 espèces de rongeurs, dont deux espèces d'habitat désertique. J. *Physiol. Paris*, **58**: 309-322.

**De Rouffignac C. & F. Morel F., 1969.** Micropuncture study of water, electrolytes and urea movements along the loops of Henle in *Psammomys*. *J. Clin. Invest.*, **48**: 474-486.

**De Rouffignac C., Morel F., Moss N. & Roinel N.,1973.** Micropuncture study of water and electrolyte movements along the loop of Henle in *Psammomys* with special reference to magnesium, calcium and phosphorus. *Pflügers Arch.*, **344**: 309-326.

**De Rouffignac C., 2001.** The urinary concentrating mechanism: a model of integrative physiology. *Nephrol. Dial. Transplant*, **16**: 2127-2130.

**Duong Van Huyen J., Bens M. & Vandewalle A., 1998.** Differential effects of aldosterone and vasopressine on chloride fluxes in transimmortalized mouse cortical collecting duct cells. *J. Membr. Biol.*, **164** (1): 79-90.

**Elalouf J.-M., Roinel N. & De Rouffignac C., 1985.** Effects of dDAVP on rat juxtamedullary nephrons: stimulation of medullary K recycling. *Am.J. Physiol.*, **249**: F291-F298.

**El Mernissi G., Barlet-Bas C., Khadouri C., Cheval L., Marsy S. & Douicet A., 1993.** Short-term effect of aldosterone on vasopressin-sensitive adenylate cyclase in rat collecting tubule. *Am.J. Physiol.*, **264**: F821-F826.

**Hawk C.T., Li L. & Schafer J.A., 1996.**AVP and aldosterone at physiological concentration have synergistic effects on Na transport in rat CCD. *Kidney Int.* **50** (suppl.): S35-S41.

**Hewitt S., 1981.** Plasticity of renal function in the Australian desert rodent *Notomys alexis*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **69A**: 297-304.

**Imai M., 1984.** Functional heterogeneity of the descending limbs of Henle's loop. II. Interspecies differences among rabbits, rats and hamsters. *Pflügers Arch.*, **402**: 393-401.

**Imai M., Hayashi M. & Araki M., 1984.** Functional heterogeneity of the descending limbs of Henle's loop. I Internephron heterogeneity in the hamster kidney. *Pflügers Arch.*, **402**: 385-392.

**Laamarti M. & Baddouri K., 1992.** Influence de la carence hydrique sur la vasopressinémie, l'aldostéronémie et le métabolisme énergétique chez *Gerbillus campestris*. Actes du III<sup>ème</sup> congrès national d'endocrinologie comparée. Rabat. Maroc

**Lacas S., Bentchikou M., Gabrion J., Gallo-Bona N., Gauquelin-Koch G., Gharib C. & Allevard A.M., 1998.** Presence of atrial natriuretic peptide in two desert rodents: comparison with rat. *Peptides*, **19** (4): 715-726.

**Lacas S., Allevard A.M., Ag'Atteinine S., Gallo-Bona N., Gauquelin-Koch G., Hardin-Pouzet H., Gharib C., Sicard B. & Maurel D., 2000.** Cardiac natriuretic peptide response

to water restriction in the hormonal adaptation of two semidesert rodents from West Africa (*Steatomys caurinus*, *Taterillus gracilis*). *Gen. Comp. Endocrinol.*, **120**: 1-13.

**Lachiver F., Cheniti T., Bradshaw D., Berthier J.-L. & Petter F., 1978.** Field studies in southern Tunisia on water turnover and thyroid activity in two species of *Meriones*: 81-84, in Environmental Endocrinology. Assenmacher & Farner eds, Springer-Verlag.

**Metzler C.H., Thrasher T.N., Keil L.C. & Ramsay D.J., 1986.** Endocrine mechanisms regulating sodium excretion during water deprivation in dogs. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, **20**: R560-R568.

**Rabhi M., Ugrumov M.V., Goncharevskaya O.A., Bengelloun W., Calas A. & Natochin Y.V., 1996.** Development of the hypothalamic vasopressin system and nephrons in *Meriones shawi* during ontogenesis. *Anat. Embryol.*, **193**: 281-296.

**Rocha A.S. & Kokko J.-P., 1974.** Permeability of medullary nephron segments to urea and water: effect of vasopressine. *Kidney Int.*, **6**: 379-387.

**Rocha A.S. & Kudo L.H., 1982.** Water, urea, sodium, chloride and potassium transport in the in vitro isolated perfused papillary collecting duct. *Kidney Int.*, **22**: 485-491.

**Sahni M., Peignoux-Deville J. & Lopez E., 1992.** Water balance and food consumption in dehydrated growing jirds (*Meriones shawi shawi*). *Can. J. Zool.*, **71**: 651-656.

**Sasaki S. & Imai M., 1980.** Effects of vasopressinon water and NaCl transport across the in vitro perfused medullary thick ascending limb of Henle's loop of mouse, rat and rabbit kidneys. *Pflügers Arch.*, **383**: 215-221.

**Schafer J.A., 1994.** Salt and water homeostasis – is it just a matter of good bookkeeping? *J. Am. Soc. Nephrol.*, **4**: 1933-1950.

**Schnermann J., 2003.** The expanding role of aldosterone in the regulation of body Na content. *Pflügers Arch. (Eur. J. Physiol.)*, **446**: 410-411.

**Schwartz M.J. & Kokko J.-P., 1980.** Urinary concentrating defect of adrenal insufficiency. Permissive role of adrenal steroids on the hydroosmotic response across the rabbit cortical collecting duct. *J. Clin. Invest.*, **66**: 234-242.

**Sicard B., 1992.** Influences de l'aridité sur la biologie des rongeurs soudano-sahéliens: 311-333, in : L'aridité, une contrainte au développement, Lefloch, Grouzis, Cornet & Bille, eds, Coll. Didactiques, ORSTOM, Paris.

**Sneddon J.-C., van der Walt J., Mitchell G., Hammer S. & Taljaard J.J.F., 1993.** Effects of dehydration and rehydration on plasma vasopressin and aldosterone in horses. *Physiol. Behav.*, **54**: 223-228.

**Stallone J.N. & Braun J.E., 1988.** Regulation of plasma antidiuretic hormone in the dehydrated Kangaroo rat (*Dipodomys spectabilis*). *Gen. Comp. Endocrinol.*, **69**: 119-127.

**Thrasher T.N., Wade C.E., Keil L.C. & Ramsay D.J., 1984.** Sodium balance and aldosterone during dehydration and rehydration in the dog. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, **16**: R76-R83.

**Verrey F., 1994.**Antidiuretic hormone action in A6 cells: effect on apical Cl and Na conductances and synergism with aldosterone for NaCl reabsorption. *J. Membr. Biol.*, **138**: 65-76.

**Windle R.J., Forsling M.L., Smith C.P. & Balment R.J., 1993.** Patterns of neurohypophysial hormone release during dehydration in the rat. *J. Endocrinol.*, **137**: 311-319.

**Wotus C. & Engeland W.C., 2002.** Differential regulation of adrenal corticosteroids after restriction-induced drinking in rats. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, **284**: R183-R191.

**Yagil R. & Etzion Z., 1979.** The role of antidiuretic hormone and aldosterone in the dehydrated and rehydrated camel. *Comp. Biochem. Physiol.*, **63A**: 275-278.

**Zucker A., Gleason S.D. & Schneider E.G., 1982.** Renal and endocrine response to water deprivation in dog. *Am. J. Physiol.*, **242**: R296-R302.



# Régime alimentaire de *Symphodus (Crenilabrus) cinereus* (Bonnaterre, 1788) des côtes de la région du golfe de Gabès (Tunisie)

Amira Ouannes-Ghorbel\*, Jarboui Othman, Mohamed  
Nejmeddine Bradai & Abderrahmen Bouain

Laboratoire Ressources Marines Vivantes,  
Institut National des Sciences et Technologies de la Mer,  
Centre de Sfax, B.P 1035, 3018 Sfax, Tunisie.

\* auteur correspondant : amira.ouannes@instm.nrnt.tn

## Résumé

L'étude du régime alimentaire de *Symphodus (Crenilabrus) cinereus* des côtes de la région du golfe de Gabès (Tunisie) par l'analyse des contenus stomacaux montre que les variations du coefficient de vacuité semblent liées à la reproduction. Ce labridé est euryphage et peut donc s'adapter aux changements de milieu ; il se nourrit principalement de crustacés et de mollusques (proies préférentielles), secondairement de foraminifères ; les mollusques bivalves, les crustacés euphausiacés, les végétaux et les poissons sont des proies complémentaires. Le spectre alimentaire de ce crénilabre varie en fonction des saisons, mais les crustacés et les mollusques restent toujours les proies les plus consommées.

## Mots-clés :

*Symphodus (Crenilabrus) cinereus*, régime alimentaire, crustacés, mollusques, golfe de Gabès, Tunisie.

## Abstract

**Diet of *Symphodus (Crenilabrus) cinereus* (Bonnaterre, 1788) off the Gages gulf coasts.**

The Grey wrasse *Symphodus (Crenilabrus) cinereus* is a common Labridae fish in Tunisia. In the Gages gulf this species is mainly caught by artisanal fishing gears in spring. The biology of this fish is unknown in this area. So, the aim of this work is to study its diet.

The present study was carried out on 790 individuals, having a total length comprised between 6.6 and 13.8 cm. For each individual, weight (g) and total length (cm) were recorded. The gut was weighed and its content identified. Prey items were identified to the lowest possible taxonomic level. The vacuity coefficient was determined. Percentages in number and weight of each prey category consumed were calculated. The classification of preys was determined according to Hureau (1970), (1975) and Zander (1970) methods. The diet analysis was carried out according to sex and seasons. The monthly evolution of the vacuity coefficient (Cv %) did not show clear difference between males and females. Subdivision of preys showed that *Symphodus (C.) cinereus* of Gages gulf fed on the small benthic invertebrates of shallow meadow beds. The preferential preys of this labrid fish are crustaceans and molluscs. The diet of this species differed with season. Crustaceans were consumed principally in winter and molluscs in autumn.

## Keywords :

*Symphodus (Crenilabrus) cinereus*, diet, crustaceans, molluscs, Gages Gulf, Tunisia..

Le Crénilabre cendré *Symphodus (Crenilabrus) cinereus* (Bonnaterre, 1788) appelé communément khodhir en Tunisie, est un poisson labridé commun à la Méditerranée. Il est présent sur toutes les côtes méditerranéennes ainsi que dans l'Adriatique et la mer Noire (Quignard & Pras, 1986; Fredj & Maurin, 1987; Fisher *et al.*, 1987). Le long des côtes de l'Atlantique Est cette espèce est signalée du bassin d'Arcachon à Gibraltar (Quignard & Pras, 1986). Ce crénilabre vit souvent dans les eaux côtières au milieu des algues et à proximité des rochers, dans les prairies sous-marines profondes et parfois sur les fonds meubles (Selourde & Chauvet, 1986).

En Tunisie cette espèce habite toutes les côtes et surtout les fonds de l'herbier de posidonies de la zone Sud. Elle est pêché surtout au printemps par les petits métiers qui opèrent dans l'herbier du golfe de Gabès (Bradai, 2000; Ouannes-Ghorbel, 2003).

Dans le cadre de nos recherches sur la biologie de cette espèce dans le golfe de Gabès, nous avons pu déterminer la période de reproduction qui s'étale entre les mois d'avril et juin et estimer également la taille de première maturité sexuelle (L<sub>50</sub>) : 8,4 cm chez les mâles et 7 cm chez les femelles, ce qui correspond à un âge moyen de 2 ans environ chez les deux sexes (Ouannes-Ghorbel, 2003). De même, l'étude de l'âge à partir des anneaux d'arrêt de croissance lus sur les écailles nous a permis de distinguer six groupes d'âge et montrer aussi que le modèle de Von Bertalanffy s'ajuste bien à l'étude de la croissance en longueur de ce crénilabre (Ouannes-Ghorbel & Bouain, 2001).

Dans ce travail nous étudions le régime alimentaire de cette espèce sous ses aspects quantitatif et qualitatif par l'analyse du coefficient de vacuité et de certains indices alimentaires. Les variations du régime alimentaire en fonction du sexe et de la saison sont également abordées.



La présente étude a porté sur 790 individus de *Symphodus (C.) cinereus* de longueur totale comprise entre 6,6 cm et 13,8 cm pêchés dans la région, principalement aux Chrafi (pluriel de "Charfia", pêcherie fixe traditionnelle des îles Kerkennah) et aux filets trémails qui sont souvent posés au milieu de la nuit pour être retirer tôt le matin (Bradai, 2000; Ouannes-Ghorbel, 2003). Les proies des estomacs pleins ont été déterminées et pesées. Les estomacs vides ont été notés. Le régime alimentaire a été analysé par les différents indices suivants :

- le coefficient de vacuité (Cv %).

Cv % = Nombre d'estomacs vides X 100/Nombre d'estomacs examinés

- le coefficient alimentaire (Q) proposé par Hureau (1970). Cette méthode tient compte du nombre et de la masse des proies ingérées.

Q = Cn % X Cp %

Cn % = Nombre d'individus de chaque item i X 100/Nombre total des proies

Cp % = Masse de l'item i X 100/Masse totale des proies

L'item i peut être un groupe, une famille, un genre ou une espèce. Selon la valeur du coefficient alimentaire (Q), Hureau (1970), classe les proies comme suit :

Q > 200 : les proies sont dites préférentielles ;

20 < Q < 200 : les proies ingérées sont dites secondaires ;

Q < 20 : les proies sont dites accessoires.

Geistdoerfer (1975) tient compte en outre de l'indice de fréquence d'une proie (F).

F = Nombre d'estomacs contenant l'item i X 100/Nombre total des estomacs pleins

Cet auteur propose la subdivision suivante :

Q > 100 et F > 30 % les proies sont dites principales préférentielles ;

Q > 100 et F < 30 % les proies sont dites principales occasionnelles.

Les proies sont considérées comme secondaires fréquentes si 10 < Q < 100 et F > 10 % et secondaires accessoires si 10 < Q < 100 et F < 10 %.

Les proies sont complémentaires du premier ordre si Q < 10 et F > 10 % et complémentaires du deuxième ordre si Q < 10 et F < 10 %

Nous avons également classé les proies selon l'indice d'alimentation ou Main Food Index (MFI) utilisé par Zander (1982) :

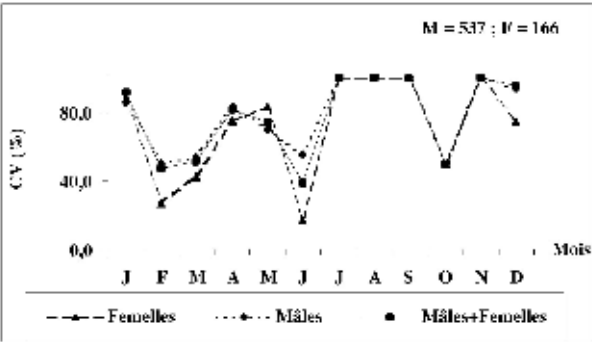
MFI = ((Cn % + Cp %)/2) <sup>0.5</sup> x Cp %

Les proies sont dites essentielles si MFI > 75 ; principales si 51 < MFI < 75 ; secondaires si 26 < MFI < 50 et accessoires si MFI < 26.

RESULTATS

Coefficient de vacuité

Les variations mensuelles du coefficient de vacuité chez les deux sexes de *Symphodus (C.) cinereus* sont comparables et en relation étroite avec la période de reproduction (figure 1). En effet, cette analyse montre des fluctuations d'un mois à l'autre avec deux minima l'un au mois de février et l'autre en juin. Le premier minimum est atteint avant la période de reproduction et le deuxième immédiatement après la ponte. Les valeurs maximales de cet indice sont enregistrées principalement pendant l'été. Aussi bien chez les mâles que chez les femelles l'appétit augmente avant la période de reproduction et il est relativement faible en dehors de cette période (figure 1). Le coefficient de vacuité moyen pour *Symphodus (C.) cinereus* est de 62,9 %. Il semble être plus élevé chez les mâles (Cv % mâles = 65,1) que chez les femelles (Cv % femelles = 54,9).



Nature et classification des proies

La liste des items ingérés est consignée dans le tableau I. Les différents indices alimentaires calculés (tableau II) ont permis le classement des proies selon les méthodes de Hureau (1970), Geistdoerfer (1975) et Zander (1982) (tableau III).

Les trois méthodes de classification donnent pratiquement les mêmes résultats. Les mollusques, surtout les petits gastéropodes avec principalement l'espèce *Phasionella tenuis*, viennent en tête de liste des proies préférentielles. Les crustacés (surtout les Isopodes) sont également classés dans cette catégorie de proies. Les foraminifères sont des proies secondaires selon l'approche de Hureau alors que si l'on adopte le point de vue de Geistdoerfer ce sont les crustacés macroures qui se trouvent placés dans cette catégorie. Les mollusques bivalves, les crustacés euphausiacés, les végétaux, les poissons et les autres proies sont rencontrés accessoirement dans le bol alimentaire de ce crénilabre.

Embranchement	Super classe/ Classe/ Sous classe	Ordre/ Sous ordre	Groupe/ Famille	Genre/ Espèce
Mollusques	Céphalopodes			
	Bivalves	Anisomyais	Pteriidae	<i>Pinctada radiata</i>
	Gastéropodes	Mésogastéropodes	Ceritidae	<i>Bittium reticulatum</i>
			Pyramidellidae	<i>Eulimella</i> sp
		Archéogastéropodes	Phasionellidae	<i>Turbonilla lactea</i> <i>Phasionella tenuis</i> <i>Phasionella pulla</i>
Arthropodes	Crustacés	Décapodes		
	Eucarides	Brachyours	Carididae	
		Macroures		
	Peracarides	Euphausiaés	Gammaridae	<i>Sphaeroma</i> sp
		Amphipodes	Sphaeromidae	<i>Idotea baltica</i>
		Isopodes	Idoteidae	
	Entomostracés	Copépodes		
Echinodermes	Echinides	Regularia	Echinidae	
Bryozoaires				
Foraminifères				
Angiospermes	Monocotylédones	Juncaginales	Posidonaceae	<i>Posidonia oceanica</i>
Vertébrés	Ostéichtyens	Perciformes	Labridae	<i>Symphodus</i> sp
	Téléostéens			

Figure 1  
Variations mensuelles du coefficient de vacuité (Cv %) de *Symphodus (C.) cinereus* des côtes du golfe de Gabès.

Tableau I  
Liste des proies ingérées par *Symphodus (C.) cinereus* des côtes du golfe de Gabès.



Tableau II  
Valeurs des différents indices alimentaires de *Symphodus* (C.) *cinereus* des côtes du golfe de Gabès.

Proies	Cn%	Cp%	Q	F%	Mfi
Mollusques	58,0	27,0	1565,1	62,5	209,3
- Bivalvaves	1,7	4,3	7,4	13,7	11,9
- Gastéropodes	58,3	24,1	1405,4	60,1	185,5
- Céphalopodes	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1
Crustacés	15,7	64,3	1007,1	74,4	431,6
- Brachyours	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1
- Macroures	1,4	8,1	11,3	10,9	20,2
- Euphausiacés	0,9	1,8	1,6	2,0	2,2
- Amphipodes	0,8	0,6	0,4	1,0	0,5
- Isopodes	8,2	52,6	430,3	62,5	312,5
Echinodermes	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1
Bryozoaires	0,3	2,1	0,7	3,8	3,0
Foraminifères	25,4	4,5	113,8	33,8	24,4
Végétaux	0,4	1,1	0,4	4,1	1,3
Poissons	0,2	1,0	0,2	2,4	1,1

Tableau III  
Classement des proies de *Symphodus* (C.) *cinereus* selon les méthodes de Hureau (1970), Geistdoerfer (1975) et Zander (1982).

Méthode	Classement	Proies
Hureau (1970)	Proies préférentielles Q>200	Isopodes, Gastéropodes
	Proies secondaires 20<Q<200	Foraminifères
	Proies accessoires Q<20	Macroures, Bivalves, Euphausiacés, Bryozoaires, Amphipodes, Végétaux, Poissons, Brachyours, Copépodes, Echinodermes, Céphalopodes
Geistdoerfer (1975)	Proies principales préférentielles Q>100, F>30	Isopodes, Gastéropodes, Foraminifères
	Proies principales occasionnelles Q>100, F<30	
	Proies secondaires préférentielles 10<Q<100, F>10	Macroures
	Proies secondaires accessoires 10<Q<100, F<10	
	Proies complémentaires premier ordre Q<10, F>10	Bivalves
	Proies complémentaire deuxième ordre Q<10, F<10	Euphausiacés, Poissons, Bryozoaires, Amphipodes, Echinodermes, Végétaux, Copépodes, Brachyours, Céphalopodes
Zander (1982)	Proie essentielles MFI>75	Isopodes, Gastéropodes
	Proies principales 51<MFI<75	
	Proies secondaires 26<MFI<50	
	Proies accessoires MFI<26	Foraminifères, Macroures, Bivalves, Bryozoaires, Euphausiacés, Végétaux, Poissons, Amphipodes, Echinodermes Céphalopodes, Copépodes

Variation du régime alimentaire selon les saisons

L'étude des variations du régime alimentaire selon les saisons pour ce poisson a été réalisée en considérant deux indices alimentaires : (Cp % et Cn %). Les résultats sont consignés dans le tableau IV.

La nature et l'importance en nombre des proies ingérées varient d'une saison à l'autre. Ceci peut s'expliquer par le fait que ce crénilabre peut s'adapter aux changements du milieu et aux conditions climatiques dans le golfe de Gabès. En plus de la forte présence en toute saison des mollusques, il semble que la nourriture de ce poisson soit particulièrement variée pendant la saison favorable à la maturation des gonades c'est à dire le printemps (tableau IV). A cette période, le peuplement de l'herbier de posidonies du golfe de Gabès est assez important et diversifié. D'après notre échantillonnage, ce labridé se nourrit en automne uniquement de gastéropodes; ces mollusques sont très abondants à cette période dans le médio-littoral des côtes du gouvernorat de Sfax (Bradai, 2000).

Saisons	Hiver		Printemps		Été		Automne	
N	246		443		82		19	
Proies	Cn %	Cp %	Cn %	Cp %	Cn %	Cp %	Cn %	Cp %
Mollusques	64,3	18,8	62,8	54,5	36,6	70,3	100	100
Crustacés	24	79,3	12,9	33,8	17,2	16,3		
Echinodermes			0,1	1,7				
Bryozoaires			0,5	1,7				
Foraminifères	11,5	1,6	22,9	0,2	46,2	13,4		
Végétaux	0,2	0,3	0,5	4,1				
Poissons			0,3	3,8				

N : Nombre d'individus analysés par saisons

Dans le golfe de Gabès, le poisson Labridae *Symphodus* (C.) *cinereus* est essentiellement carnivore euryphage ayant une prédilection pour les crustacés et les mollusques. Il se nourrit d'avantage en hiver et au printemps pour assurer pleinement sa fonction de reproduction dans de bonnes conditions. L'importance des différentes composantes de son régime alimentaire varie d'une saison à l'autre. Cette variation peut être due soit à un changement d'habitat soit à des modifications de l'abondance relative des différentes proies en fonction des saisons. Par ailleurs, certaines proies (petits Gastéropodes, Isopodes) dites opportunistes sont les plus abondantes et par conséquent les mieux ingérées pendant presque toute l'année, alors que d'autres proies (Amphipodes, Euphausiacés, Bivalves, Echinodermes et Bryozoaires) beaucoup moins fréquentes sont surtout consommées au printemps, saison favorable à leur prolifération . Bien que les végétaux (posidonies) soient des proies accessoires ou complémentaires pour le crénilabre cendré dans les trois classements, nous pensons par ailleurs qu'ils sont pris accidentellement avec d'autres proies (petits Gastéropodes, Isopodes). Ceci pourrait s'expliquer par la présence d'une relation étroite entre le poisson et son biotope. La comparaison des différentes proies ingérées par *Symphodus* (C.) *cinereus* dans le bassin méditerranéen montre que, d'une façon générale, les crustacés et les mollusques constituent la base de l'alimentation de ce crénilabre quelle que soit la région où il vit (tableau V). Cependant la nature et l'importance des proies ne sont pas les mêmes. En effet, sur les côtes françaises ce crénilabre se nourrit essentiellement de petits Gastéropodes, Décapodes, Amphipodes et Bivalves (Bell & Harmelin-Vivien, 1983 et Khoury C, 1984) alors que sur les côtes tyrrhéniennes le régime alimentaire de ce poisson est à base de petits Gastéropodes, Amphipodes et Annélides (De Pirro et al., 1999). Sur les côtes grecques ce poisson s'alimente surtout d'Euphausiacés et d'autres invertébrés benthiques.

Auteurs	Régions	Groupes identifiés dans l'estomac
Bell & Harmelin - Vivien (1993)	France	Bivales, Amphipodes
Khoury (1984)	Port-Cros, France	Décapodes, Copépodes, Gastéropodes
Petrakis et al (1993)	Grèce	Invertébrés benthiques, Euphausiacés
De Pirro et al (1999)	Côte tyrrhénienne, Italie	Annélides, Gastéropodes, Amphipodes
Présent travail	Golfe de Gabès, Tunisie	Principalement : Isopodes, Gastéropodes Secondairement : Foraminifères Accessoirement : Amphipodes, Bivalves, Euphausiacés, Invertébrés benthiques.

Nous constatons par ailleurs, que le spectre alimentaire de ce crénilabre est assez large sur nos côtes et présente les mêmes groupes de proies trouvés par d'autres auteurs dans d'autres régions de la Méditerranée, ce qui pourrait confirmer que cette espèce est euryphage

Tableau IV  
Variations du régime alimentaire de *Symphodus* (C.) *cinereus* des côtes du golfe de Gabès en fonction des saisons.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Tableau V  
Proies ingérées par *Symphodus* (C.) *cinereus* dans divers secteurs méditerranéens.



et peut se nourrir quelque soit le milieu. Toutefois les différences observées dans les habitudes alimentaires de ce poisson dans les différents secteurs de la Méditerranée peuvent s’expliquer par des variations dans la distribution et l’abondance des proies.

REFERENCES

Bell J.-D. & Harmelin-Vivien M.L., 1983. Fish fauna of French Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. 2. Feeding habits. *Tethys.*, **11**: 1 - 14.

Bradai M.N., 2000. *Diversité du peuplement ichtyque et contribution à la connaissance des sparidés du golfe de Gabès*.Thèse de Doctorat d’Etat de l’Université de Sfax., 600 p.

De Pirro M., Marchetti G.M. & Chelazzi G., 1999. Foraging interactions among three benthic fishes in a *Posidonia oceanica* reef lagoon along the Tyrrhenian Coast. *J. Fish. Biol.*, **54**: 1 300 - 13 09.

Fisher W., Schneider M. & Bauchot M. L., 1987. Fiches FA.O. d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume. II. Vertébrés. *FA.O. Rome.*, **2**: 761 - 1 529.

Fredj G. & Maurin C., 1987. Les poissons dans les banques de données Médifaune. Application à l’étude des caractéristiques de la faune ichtyologique méditerranéenne. *Cybium*, **11** (3): 218 - 299.

Geistdoerfer P., 1975. *Ecologie alimentaire des Macrouridae, Téléostéens Gadiformes*. Thèse de l’Université de Paris VI., 315 p.

Hureau J.-C., 1970. Biologie comparée de quelques poissons antarctiques (Nototheniidae). *Bull. Inst. Océanogr. Monaco.*, **68** (1 391): 244 p.

Khoury C., 1984. Ethologies alimentaires de quelques espèces de poissons de l’herbier de Posidonies du Parc National de Port-Cros. *In* :Boudouresque. C. F., Jeudy de Grissac A. & Olivier J. (eds), International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds. *GIS Posidonie Publications. France.*, **1**: 335-347.

Ouannes-Ghorbel A., 2003. *Etude écobio logique des Labridés (Poissons - Téléostéens) des côtes sud de la Tunisie*.Thèse de l’Université de Sfax., 206 p.

Ouannes-Ghorbel A. & Bouain A., 2001.Age et Croissance de *Symphodus (Crenilabrus) cinereus* (Bonnaterre, 1788) des côtes de la région du golfe de Gabès (Tunisie). *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, **36**: 307 - 307.

Petrakis G., Stergiou K.I., Christou, E., Politou C.Y., Karkani M., Simboura N. & Kouyoufas P., 1993. Small scale fishery in the south Euboikos Gulf. Final Report. Contract N° XIV-1/MED- 91/007. *National Center for Marine Research.*, Athens., Hellas.

Quignard J. P & Pras A., 1986. Labridae: 919 – 942, *in*: Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean. Vol. II, Whitheat P.J. P., Bauchot M. L., Hureau J. C., Nielsen J. & E.Tortonese. *U.N.E.S.C.O Eds. Paris.*, **2**: 516-1 014.

Selourde Ph. & Chauvet C., 1986 - Observations préliminaires sur l'ichthyofaune d'un herbier superficiel. L'herbier de Posidonies du Racou (Golfe du Lion). *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, **32**: 224 - 224.

Zander C.D., 1982. Feeding ecology of littoral gobiid and blennioid fish of the Banyuls area (Mediterranean Sea). Item main food and trophic dimension of niche and ecotype. *Vie et milieu* **32**: 1 - 10.

**Résumé**  
La localité de Beaulieu, sur la commune de Rognes (Bouches-du-Rhône), contient une petite faunule de vertébrés terrestres d'âge MN3. **Aguilar *et al.* (1996)** y ont déjà signalé des mammifères. Nous étudierons dans cet article les restes de reptiles et de macromammifères.

**Mots-clés :**  
Mammifères fossiles, Miocène, Beaulieu, Bouches-du-Rhône.

**Abstract**  
**Early Miocene mammals from the locality of Beaulieu (Rognes, Bouches-du-Rhône, France).**

The locality of Beaulieu is on the territory of the commune of Rognes, at about 5 km of the SE of the village, and 13 km of the NNW of Aix-en-Provence, at the foot of the small mountain of La Trévaresse. The site is already known by the presence of dolerite rocks (**Gueirard, 1964**). Mammals were also pointed out by **Aguilar *et al.* (1996)**. We study here the remains of reptiles and macro mammals.

**Keywords:**  
Fossil mammals, Miocene, Beaulieu, Bouches-du-Rhône, France

MATERIELS ET METHODES

Les mammifères du Miocène inférieur de Beaulieu à Rognes (Bouches-du-Rhône, France).

Léonard Ginsburg

Laboratoire de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle, 8 rue de Buffon F-75005 Paris.

Le gisement de Beaulieu se trouve sur la commune de Rognes (Bouches-du-Rhône, France), à environ 5 km au sud-est du village, et à près de 13 km au nord-nord-ouest d'Aix-en-Provence, au pied septentrional de la petite chaîne montagneuse de la Trévaresse, qui culmine à 501 m un peu au sud-est du gisement. Le site de Beaulieu est déjà connu par la présence de basaltes et de dolérites étudiés par **Gueirard (1964)**. Des restes de vertébrés ont été aussi récoltés en trois points différents et cités par **Aguilar *et al.* (1996)**. Nous étudierons ici les reptiles et les macromammifères.

Les mesures qui accompagnent la description du matériel sont données en millimètres.

Classe Reptilia Linné, 1758  
Ordre Chelonia Brongniart, 1800  
(Détermination S. Hervet)

Les restes de Chéloniens du gisement consistent en quelques plaques isolées difficilement déterminables.

Testudinidae indet.

Matériel:

- Plaques isolées.

Geoemydidae indet.

Matériel:

- Plaques isolées.

Ordre Crocodylia Linné, 1758  
Famille **Crocodylidae** Cuvier, 1807

*Diplocynodon* Pomel, 1847  
*Diplocynodon* sp.

Matériel:

- Ostéoderme dorsal : 12,0 x 11,1  
- Ostéoderme ventral : 22 x > 21  
- 6 dents : (diamètre antéro-postérieur x diamètre labio-lingual x hauteur)  
6,4 x 6,1 x 12,5; 5,6 x 5,1 x?; 4,5 x 5,2 x 10,8; 4,9 x 4,3 x 8; 4,3 x 4,0 x > 6,2; 3,5 x 3,2 x 8,6.

Tout ce matériel correspond à un ou plusieurs sujet(s) juvénile(s), car les spécimens sont beaucoup plus petits que les mêmes chez les sujets adultes de *Diplocynodon ratelli* Pomel de la MN2 (**Vaillant 1910**) et de *Diplocynodon styriacus* de la MN4 (**Ginsburg & Bulot 1997**). En l'absence de spécimens adultes, il est impossible de préciser l'espèce.

## Classe Mammalia Linné, 1758

### Ordre Carnivora Bodwich, 1821

Famille **Ursidae** (Fischer von Waldheim, 1817) Gray, 1825

*Ballusia* Ginsburg & Morales, 1998

*Ballusia* cf. *ulmensis* (Stelhin, 1917)

Matériel et mesures :

- M3 droite = 4,8 x 3,8. (Planche I, figure 1)

Description :

Petite dent elliptique et allongée, à reliefs écrasés ; protoconide dominant, en position avancée ; paraconide et métaconide très faibles ; talonide plus long que le trigonide, avec hypoconide et hypoconulide encore visibles ; muraille externe oblique, plus haute que la muraille interne. Par sa forme générale et ses caractères morphologiques, cette dent appartient à un Ursidae (Phoberocyoninae, Hemicyoninae ou Ursinae). Sa taille s'accorde bien avec celles du *Ballusia ulmensis* de Wintershof-West, pour lesquelles **Dehm (1950)** donne comme longueurs (5,8), (5,7) et (4,8 mm.).

Famille **Viverridae** Gray, 1821

Sous-famille Hespertinæ (Bonaparte, 1845) Gill, 1872

Hespertinae indet.

Matériel :

- M2 droite = 2,9 x 4,5 (Planche I, figure 2).

Description :

Cette molaire supérieure porte une petite marque d'usure verticale sur la face antérieure de son coin antéro-labial, mais est totalement vierge de toute usure sur sa face postérieure ; il s'agit donc d'une M2.

La dent est triangulaire et très étirée transversalement. Le paracône est plus important que le métacône, tandis que le protocône est en position très linguale et légèrement avancé. Le cingulum labial est bas mais net ; il n'y a pas de cingulum lingual.

Discussion :

Les dimensions de cette dent indiquent un animal de la taille de *Broilliana nobilis* de Wintershof-West, mais la morphologie est bien différente, avec en particulier les deux tubercules labiaux au même niveau, et le profil occlusal plus en triangle isocèle, la longueur de la dent de Beaulieu étant beaucoup plus faible au niveau du protocône qu'au niveau de la ligne paracône-métacône. Par son profil occlusal en triangle très étiré transversalement et la présence d'un cingulum labial, la dent de Beaulieu ressemble beaucoup plus à certains Viverridés actuels tels *Cynictis*, *Surricata*, *Bdeogale*, *Mungos* ou *Herpestes*. Elle ne correspond cependant exactement à aucune de ces formes. Elle pourrait peut-être appartenir à une petite forme de *Semigenetta*, mais l'on ne connaît aucune M2 de *Semigenetta*, et de ce fait notre hypothèse reste gratuite.

Famille **Felidae** Gray, 1821

*Pseudaelurus* Gervais, 1848

*Pseudaelurus turnauensis* (Hoernes, 1882)

Matériel :

- Phalange II : L = 9,6 ; DT prox = 5,0 ; DT dist = 4,0 (Planche I, figure 3).

Description et discussion :

Cette petite phalange montre une diaphyse très dissymétrique, avec une carène médiane, et affaissée latéralement, caractères typiques des deuxièmes phalanges des Carnivores possédant des griffes rétractiles, c'est-à-dire les Félidés, et de certains Viverridés. Par sa taille, elle correspond à un doigt latéral (IV ou V) de *Pseudaelurus turnauensis*. Cette espèce est connue de la MN3 (Estrepouy, Wintershof-West, cf. **Dehm, 1950**) à la MN9 (Los Valles de Fuentiduena, **Ginsburg et al. 1981**).

## Ordre Perissodactyla Owen, 1848

Famille **Rhinocerotidæ** Gray, 1821

*Diaceratherium* Dietrich, 1931

*Diaceratherium* cf. *aginense* (Répelin, 1917)

Matériel :

- Un squelette complet, en poudre et en place, était sur le terrain. Seuls quelques éléments ont pu être récupérés, à savoir :
  - P2 droite = 28,4 x 40,7.
  - M3 gauche, muraille postérieure.
  - Mc II gauche, extrémité distale.
  - Mt III et Mt IV droits en connexion

	L	DT prox.	DT diaph.	DAP diaph.	DT dist. (art.)	DAP dist.
Mt III	140, 7	55	49,3	18,2	47,9	
Mt IV	119,1	53	32	16,4	36,5	(40)

- Humérus gauche, fragment de diaphyse.
- Radius droit, bord de la surface articulaire proximale.
- Cubitus gauche, extrémité distale.
- Unciforme gauche très endommagé.
- Un sésamoïde complet.

Description :

La prémolaire supérieure est une P2, comme le montrent nettement ses proportions et sa taille. C'est une dent sensiblement rectangulaire, beaucoup plus large que longue. La muraille labiale est légèrement bombée et fortement inclinée ; en avant et en arrière se dessine une forte carène de section très arrondie. Le protolophe et le métalophe sont aussi bien développés l'un que l'autre et leur axe est transversal. Le cingulum antérieur et le cingulum postérieur sont réduits. A l'angle antéro-labial, il n'y a pour ainsi dire pas d'avancée recouvrant le bord postéro-labial de la P1. Cette avancée est généralement importante ou du moins très nette sur les pièces de *Diaceratherium aurelianensis* d'Artenay, de Neuville-aux-bois (**Mayet 1908**, pl. I, fig. 1,2,3) et de Chilleurs-aux-bois (**Mayet *ibid.*** pl. I, fig. 5) ; elle est cependant peu marquée sur une P2 de Chilleurs-aux-bois du Muséum de Paris (spécimen CH 122), ainsi que sur la tête du squelette subcomplet de *Diaceratherium lemanensis* de Gannat figuré par **Duvernoy (1854**, pl. V) et elle est inexistante sur le maxillaire de *Diaceratherium aginense* de Laugnac figuré par **Répelin (1917**, pl. I).

- Métacarpien :

Seule une extrémité proximale de Mc II a été préservée. La face supérieure est bien conservée. Du coté latéral, la facette d'articulation avec le magnum est étroite et allongée dorso-ventralement. Elle est peu inclinée, comme sur la facette équivalente des Mc II de *Diaceratherium aginense* figurés par **Répelin** (op. cit., pl. XII et XIII) et **de Bonis (1973**, fig. 29). Cette surface est en général beaucoup plus inclinée, tant chez le *Diaceratherium lemanensis* de Bransat (Muséum de Paris LIM 605), de Saulcet (Muséum de Bâle Sau 1662) que chez le *Diaceratherium aurelianensis* de Chilleurs-aux-bois (Muséum de Paris CH 133, CH 189), celui de Neuville-aux-bois (NEU 99) ou celui d'Artenay (Ar 2160). La surface d'articulation avec le trapézoïde est relativement étroite et bien bombée du coté médial. Cette surface est bombée sur les MTII de Saulcet, de Chilleurs, et non bombée sur ceux de Neuville (NEU 99) et Artenay. Cette même surface est étroite à Laugnac et Bransat, ainsi que sur une pièce de Chilleurs (CH 133), mais elle est large sur d'autres pièces de l'Orléanais, à Neuville (NEU 99) et surtout à Artenay. Il apparaît donc que, de Laugnac à Artenay, la facette d'articulation avec le trapézoïde s'élargit et perd sa convexité. La facette est étroite et bombée à Laugnac (MN2b), encore bombée (mais moins) et plus ou moins étroite à Chilleurs et Neuville (MN3), enfin très large et sans aucun bombement à Artenay (MN4a).



- Métatarsiens :

Les deux métatarsiens conservés sont larges et relativement longs, comme il convient à des *Diaceratherium*.  
Sur Mt III, la face antérieure (ou dorsale) est plate, rectangulaire et un peu relevée à son angle latéro-proximal. La diaphyse est large et de diamètre antéro-postérieur faible. La face proximale est plate et grossièrement triangulaire. Les longueurs des divers Mt III de *Diaceratherium* que nous avons pu mesurer sont les suivantes :

- Gannat (MP30) = 158.
- Saulcet (MN1/2a) = 132.
- Laugnac (MN2b) = 127 ; 136 ; 130.
- Neuville (MN3) = 118 ; 106,5.
- Artenay (MN4a) = 117 ; 115,5.

Ainsi, au-delà de variations assez sensibles à l'intérieur de certains gisements, il se dessine nettement une évolution générale avec raccourcissement du métapode central au cours du temps. Le plus long des Mt III est le plus ancien (Gannat) et les plus courts sont les plus récents (Orléanais). Le métapode de Beaulieu se place nettement plus du côté de ceux de Laugnac et Gannat (*Diaceratherium aginense*) que de ceux de l'Orléanais (*Diaceratherium aurelianensis*).

Le Mt IV est plus déformé. Ses facettes articulaires proximales sont cependant assez bien conservées. La surface principale, pour le cuboïde, est large et relativement plate comme chez tous les Rhinocerotidés, mais on peut noter cependant une légère concavité générale, comme sur les pièces de Laugnac (cf. en particulier **de Bonis**, op. cit., fig. 34). Cette concavité, forte sur le Mt IV de Saulcet, est moins marquée à Laugnac et à Beaulieu et a disparu totalement à Artenay. D'autre part, à l'angle médian se trouve, au-dessus de la surface articulaire antérieure avec le Mt III, une petite surface étroite, allongée antéro-postérieurement et inclinée à 45°, comme sur le Mt IV de Laugnac figuré par de Bonis et contrairement à celui d'Artenay où cette surface est totalement absente. Cette surface est destinée à s'articuler avec l'ectocunéiforme.

Rapports et différences:

Finalement, notre Rhinocerotidae de Beaulieu s'intègre bien dans le genre *Diaceratherium*. L'absence d'avancée antéro-labiale sur P2, la longueur des métapodes, l'étroitesse et la concavité de la facette du Mc II avec le trapézoïde, l'existence d'une facette d'articulation entre le Mt IV et l'ectocunéiforme, enfin la concavité de la facette d'articulation du Mt IV avec le cuboïde indiquent plus d'affinités avec le *Diaceratherium* de Laugnac (*D. aginense*) qu'avec celui de l'Orléanais (*D. aurelianensis*).

Ordre Artiodactyla Owen, 1848

Sous-Ordre Suiformes Jaekel, 1911

Famille **Anthracotheriidae** Gill, 1872

- Brachyodus* Depéret, 1895
- Brachyodus onoides* (Gervais, 1859)

Matériel:

- Scaphoïde droit incomplet. L = (32) ; DT = 22,5 ; DAP = (ou > 47,6)
- Première phalange latérale incomplète. DAP distal > 18,4, reconstitué = (19).

Description et identification :

Le scaphoïde est un os bas et allongé antéro-postérieurement. La surface articulaire proximale, avec le radius, est bien conservée, surtout dans sa partie dorsale. La surface articulaire distale n'est conservée que dans sa partie antérieure, réservée au magnum. La surface articulaire latéro-distale, pour le semilunaire, est aussi conservée. Ce scaphoïde a sensiblement la

même longueur et le même diamètre antéro-postérieur qu'un scaphoïde de *Brachyodus onoides* de Chilleurs-aux-Bois (Muséum de Paris, CH 155) mais est nettement plus large. Les ossements de *Brachyodus* présentent d'ailleurs de fortes variations morphologiques individuelles et un scaphoïde de *Brachyodus* des faluns d'Anjou (Fs 1818), remanié des sables continentaux (d'âge MN 3) dits du synclinal d'Esvres (**Ginsburg, 1989 ; Ginsburg *et al.* 2000**)`, a un diamètre antéro-postérieur plus petit que celui de Beaulieu mais le même diamètre transversal. Le fragment de première phalange appartient bien à *Brachyodus*, comme le montre le dessin de sa poulie articulaire et la présence d'une crête oblique, fine et allongée en avant de la fossette d'insertion du ligament collatéral de l'articulation interphalangienne proximale, qui relie les deux premières phalanges. Comme le scaphoïde, la taille de la phalange I de Beaulieu s'accorde avec celle de *Brachyodus onoides*.

Détermination :

**Mayet (1908)** a distingué deux espèces de *Brachyodus* dans les sables de l'Orléanais: l'espèce classique *Brachyodus onoides* (Gervais, 1859), abondante à Chilleurs-aux-Bois, Neuville-aux-Bois, et encore présente à Artenay, et une espèce plus petite, provenant des sables plus anciens de Chitenay et pour laquelle il a donné le nom de *Brachyodus intermedius* Mayet 1908, établie sur une hémimandibule de la collection Bourgeois. Mais depuis 1908, Stehlin a récolté à Chitenay quelques pièces, dont un calcanéum complet (Bâle, SO 2017) et une hémimandibule avec quatre dents complètes (Bâle, SO 2054) dont la taille est celle des pièces équivalentes de Chilleurs-aux-Bois et Neuville-aux-Bois. D'autre part, aux Beilleaux sur la commune de Hommes près de Savigné-sur-Lathan, **Cabard et al. (1980)** ont signalé un *Brachyodus* d'une taille intermédiaire entre celle du type de *Brachyodus intermedius* et celles de Chilleurs-aux-Bois et Neuville-aux-Bois. Il semble donc qu'il y ait une augmentation de la taille du *Brachyodus* au cours du temps, mais que cette augmentation est trop faible pour être visible sur tous les spécimens récoltés. Les tailles doivent se chevaucher trop largement pour être significatives. Aussi nous considérerons qu'il n'y a pas deux espèces, mais seulement deux sous-espèces, lesquelles ne sont reconnaissables que sur les spécimens de taille extrême. Sur le matériel, bien maigre de Beaulieu, nous ne pouvons reconnaître que l'espèce *Brachyodus onoides*, sans pouvoir aller jusqu'à la détermination sous-spécifique.

- Sous-Ordre Ruminantia Scopoli, 1777
- Infra-Ordre Tragulina Flower, 1883
- Superfamille Hypertraguloidea Scott, 1940
- Famille **Andegamericydae** Ginsburg & Morales, 1989
- (ou **Hypertragulidae** Cope, 1879)
- Andegameryx* Ginsburg, 1971
- Andegameryx andegaviensis* Ginsburg, 1971

Matériel:

- M3 gauche = 8,0 x 9,7 (Planche I, figure 4).

Cette petite molaire supérieure est caractérisée par :

- un parastyle très mince, allongé transversalement ;
- un métastyle faible ;
- l'absence de pli protoconal ;
- une postprotocrista mince, de direction bien transversale ;
- un entostyle très faible ;
- un hypocône plus petit que le protocône, d'où une largeur postérieure de la dent bien plus petite que la largeur antérieure (8,1 contre 9,7).

Les cinq premiers caractères indiquent que la dent appartient au genre *Andegameryx*. Par ailleurs, la réduction de l'hypocône par rapport au protocône montre qu'il s'agit d'une M3. La taille correspond à la limite inférieure des M3 d'*Andegameryx andegaviensis*.

Infra-Ordre Pecora Linné, 1758  
Superfamille Cervoidea Simpson, 1931  
Famille **Palaeomeriidae** Lydekker, 1883

*Oriomeryx* Ginsburg, 1985  
*Oriomeryx cf. willii* Ginsburg, 1985

Matériel :

- P3 gauche, 2/3 antérieurs de la muraille labiale (Planche I, figure 5).

Description :

Le fragment de prémolaire supérieure conservé montre la partie labiale du parastyle et du paracône. Il est brisé juste en arrière du sillon qui sépare le paracône du métastyle. Le parastyle et le paracône sont légèrement couchés en arrière et séparés l'un de l'autre par un sillon étroit. Les P3 du *Palaeomeryx kaupi* d'Artenay sont morphologiquement identiques, mais plus grandes. La P3 de Beaulieu a une taille intermédiaire entre l'*Oriomeryx major* de Saint-Gérard-le-Puy (MN2a) et le *Palaeomeryx bojani garsonini* de Neuville-aux-Bois et Artenay (Ginsburg, 1999 a). Il correspond bien à l'*Oriomeryx willii* de Wintershof-West (MN3a).

Famille **Cervidae** Gray, 1821

*Procervulus* Gaudry, 1878  
*Procervulus praelucidus trevaressensis* nova subpecies

Diagnose :

Sous-espèce de *Procervulus praelucidus* plus petite (d'environ 1/5 à 1/10) que la population-type de *Procervulus praelucidus praelucidus* de Wintershof-West.

Type : M3 gauche

Derivatio nominis : Du nom de la petite chaîne de montagne de la Trévaresse, au pied de laquelle se trouve le gisement de Beaulieu.

Matériel :

Squelette crânien :

- 4 bois avec pédicule et andouillers, dont un juvénile. Diamètres pédicules = 11,5 x 6,0 (juvénile); 13,0 x 7,9; 13,1 x 11,2; 13,3 x 11,1.

- 3 fragments de pédicules.

- 10 fragments d'andouillers.

- 1 rocher.

- 1 condyle occipital droit.

Dents supérieures :

- 3 P2 = 6,85 x 6,6; 6,9 x 5,0; 7,5 x 5,6.

- 2 P3 = 6,6 x 7,4; 7,2 x 6,7.

- 1 P4 = 6,2 x 8,9 (Planche II, figure 6).

- 1 M1 = 8,4 x 9,9

- 7 M2 = 8,1 x (10,65); 8,5 x 9,8 (Planche II, figure 7); 8,5 x 10,3; 9,0 x 10,45; 9,0 x (10,7); 9,4 x 10,9; 9,5 x 10,95.

- 5 M3 = 8,4 x 9,7; 8,6 x 9,9; 9,4 x (10,4); (10) x 11; 9,9 x 11,1.

- 1 DP4 = 6,9 x 6,2 (Planche II, figure 8).

Dents inférieures :

- 5 P2 = 5,4 x 3,1; 5,5 x 2,5; 5,6 x 2,5; 6,0 x 3,2 (Planche II, figure 9); 6,8 x 3,35.

- 4 P3 = 6,4 x 3,33; 6,55 x 4,0; 6,7 x 3,6; 6,9 x 4,1.

- 3 P4 = 7,4 x 4,4; 7,4 x 4,8 (Planche II, figure 10); 7,7 x 4,7.

- 4 M1 = 8,2 x 6,1 (Planche II, figure 11); 8,6 x 6,5; 8,6 x 6; 5; 6,7 x 6,1.- 2 m² = 9,1 x 7,0; 9,1 x 7,0.

- 1 M3 (type) = 12,85 x 6,4 (Planche II, figure 12).

- 1 DP3 = (6,7) x 2,9.

- 1 DP4 incomplète.

Squelette post-crânien :

- 6 extrémités distales d'humérus, dont 3 très fragmentaires. DT surface articulaire distale = 15,6; 18,0; 18,9.

- 1 scaphoïde. L = 9,6; DT prox. = 6,6; DT dist. = 6,4; DAP = 11,2.

- 2 semi-lunaires. L x DT x DAP = 7,3 x 7,2 x 11,0; 8,5 x 7,6 x 10,9.

- 1 pyramidal. L x DT x DAP = 10,8 x 6,3 x 8,8.

- 3 magnums. L x DT x DAP = > 4,3 x 7,2 x > 8,3; 5,5 x 8,0 x 8,6; 6,0 x 8,0 x 8,8.

- 2 rotules. L x DT x DAP = 21,6 x > 12,7 x (9,1); ? x > 11 x (8,4).

- 2 astragales. 20,6 x 11,6; 20,6 x 11,7.

- 7 poulies articulaires de métapode principal. DT x DAP = 5,5 x 7,4; 6,3 x 7,5; 6,4 x > 7; 6,5 x > 8,5; 6,5 x 8,7; 6,6 x 7,5; 6,7 x > 8.

- 1 première phalange complète. L = 19,7; DT prox = 7,9; DAP prox = 8,8; DT dist = 7,0; DAP dist = 5,9.

- 1 première phalange juvénile.

- 5 extrémités proximales de premières phalanges. DT x DAP = 6,6 x 8,1; 7,2 x 7,3; 7,5 x 8,7; 7,7 x 8,7; 8,0 x 9,1.

- 2 extrémités distales de premières phalanges. DT x DAP = 6,0 x 5,3; 6,0 X 5,1 ;

- 2 deuxième phalanges de la patte antérieure. L x DT prox x DAP prox x DT dist x DAP dist = 14,6 x 6,5 x 8,9 x 5,4 x 7,2; 14,7 x 6,9 x 8,3 x 5,4 x x 5,15.

- 3 deuxième phalanges postérieures. L x DT prox x DAP prox x DT dist x DAP dist = 12,2 x 5,8 x 7,9 x 4,5 x 6,5; 13,2 x 6,1 x 8,3 x 4,95 x 6,8; 13,3 x 6,4 x 7,9 x 5,35 x 6,5.

- 1 deuxième phalange de doigt latéral. L x DT x DAP = 5,2 x 3,4 x 5,15.

- 2 phalanges unguéales. L x DT x DAP = > 13,5 x > 5,1 x 8,5; ? x 5,6 x 8,6.

Toutes les dents et tous les appendices frontaux correspondent morphologiquement au genre *Procervulus*. Leur taille est proche de celle du *Procervulus praelucidus praelucidus* (Oberghell, 1957) de Wintershof-West. A l'intérieur de chaque catégorie, aucune dent de Beaulieu n'atteint la taille des plus grandes de Wintershof-West, mais elles peuvent atteindre et dépassent même parfois la taille des individus les plus petits de Wintershof-West. Il apparaît donc nettement que la population de *Procervulus* de Beaulieu est plus petite que celle de Wintershof-West, mais que la différence de taille est relativement faible. C'est pourquoi nous considérons la population de Beaulieu comme une simple sous-espèce de *Procervulus praelucidus*.

CONCLUSION

A - La liste des macromammifères de Beaulieu est finalement la suivante :

*Ballusia cf. ulmensis* (Stehlin 1917)

Viverridae indet.

*Diaceratherium cf. aginense* (Répelin 1917)

*Brachyodus onoides* (Gervais 1859)

*Andegameryx andegaviensis* Ginsburg 1971

*Oriomeryx cf. willii* Ginsburg 1985

*Procervulus praelucidus trevaressensis* nov. ssp.

B - Stratigraphie :

La coexistence de *Ballusia cf. ulmensis*, *Diaceratherium cf. aginense*, *Brachyodus onoides*, *Andegameryx andegaviensis*, *Oriomeryx cf. willii* et de *Procervulus praelucidus* indique clairement la MN3.

À l'intérieur de cette zone MN3, une première division a pu être établie entre les gisements avec ou sans *Andegameryx*. L'espèce *Andegameryx laugnacensis* (Ginsburg & Morales, 1989) est connue dans la MN2b à Laugnac, Barbotan-les-Thermes (Ginsburg et al. 1991), ainsi qu'à Espira-du-Conflent (Baudelot S. & Crouzel F., 1974). Cette espèce est remplacée plus haut par *Andegameryx andegaviensis*, qui est connu dans les gisements d'Estrepouy, Beaulieu, les Beilleaux, la Brosse, Mauvières, Chitenay. Puis *Andegameryx andegaviensis* est remplacé par *Andegameryx serum* à Wintershof-West. Le genre est totalement inconnu plus haut (Chilleux-aux-Bois, Neuville-aux-Bois, Marsolan, Saint-Vincent-de-Lamonjoie (Bulot C. & Ginsburg L., 1994).



Une autre division peut s'appuyer sur la présence ou l'absence de *Procervulus* et sur l'évolution de ce genre. A Espira-du-Conflent il n'y a pas de *Procervulus praelucidus*, qui est présent à Beaulieu, Wintershof-West, La Brosse et Les Beilleaux. Plus haut cette espèce est remplacée par son descendant *Procervulus dichotomus* (Chilleurs-aux-Bois, Neuville-aux-Bois, Saint-Vincent-de-Lamonjoie). *Procervulus dichotomus* se poursuit dans la MN4 (Baigneaux-en-Beauce, Bézian, La Romieu) et dans la MN5 (Tavers, Pontlevoy-Thenay). Pour les gisements à *Procervulus praelucidus*, on peut préciser que les trois sous-espèces décrites correspondent à trois stades d'évolution qui se relayent dans le temps. Beaulieu, avec la forme la plus petite, *Procervulus praelucidus trevaessensis*, est un peu plus ancien que Wintershof-West où existe *Procervulus praelucidus praelucidus*, tandis que Les Beilleaux et la Brosse, avec *Procervulus praelucidus savignensis*, de plus grande taille, sont légèrement plus récents. Ces deux gisements, avec la présence de *Procervulus praelucidus* et l'absence d'*Andegameryx andegaviensis*, se situent donc au milieu de la MN3. Le gisement de Beaulieu, avec la présence d'un *Procervulus praelucidus* plus petit qu'à Wintershof-West et celle d'*Andegameryx andegaviensis*, est clairement plus ancien. Si l'on ajoute que le sommet de la MN3 voit l'apparition en Europe occidentale des premiers Proboscidiens (**Bulot & Ginsburg 1993**), la MN3 peut se diviser en sept niveaux (**Ginsburg, 1999 b**) qui sont, de haut en bas :

- 7 - Marsolan, Navère, Saint-Vincent-de-Lamontjoie.
- 6 - Chilleurs-aux-Bois, Neuville-aux-Bois.
- 5 - Wintershof-West.
- 4 - Sables continentaux du synclinal d'Esvres (Pontigné inférieur (**Ginsburg L. & Bonneau M., 1995**), la Brosse, Mauvières, les Beilleaux), Chitenay.
- 3 - Beaulieu.
- 2 - Estrepouy.
- 1 - Espira-du-Conflent.

REFERENCES

Aguilar J.-P., Clauzon G., De Goër A., Maluski H., Michaux J. & Welcome J.-L., 1996. The MN3 fossil mammal-bearing locality of Beaulieu (France): Biochronology, radiometric dating, and lower age limit of the Early Neogene Renewal of the mammalian fauna in Europe. *Newsl. Stratigr.*, **34** (3): 177-191.

Baudelot S. & Crouzel F., 1974. La faune burdigalienne des gisements d'Espira-du-Conflent (Pyrénées-Orientales). *Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse*, **110** (3-4): 311-326.

Bonis L. de, 1973. Contribution à l'étude des mammifères de l'Aquitaniien de l'Agenais. Rongeurs, Carnivores, Périssodactyles. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat*, Paris, N<sup>elle</sup> Série, C, **28**: 1-192.

Bulot C. et Ginsburg L., 1993. Gisements à mammifères miocènes du Haut-Armagnac et âge des plus anciens Probiscidiens (sic) d'Europe occidentale. – C. *R. Acad. Sci.* Paris, **316**, série. II: 1011-1016.

Bulot C. & Ginsburg L., 1996. Précisions sur l'âge des gisements à mammifères miocènes de Saint-Vincent-de-Lamonjoie (Lot-et-Garonne) et de Navère (Gers). – *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.*, Paris, 4° série, **18** C (4): 615-628.

Cabard P., Huin J. & Locher J.-P., 1980. Le *Brachyodus onoides* (Gervais, 1869), (Mammalia, Anthracotheriidae) des Beilleaux, Savigné-sur-Lathan (Indre-et-Loire). *Les Naturalistes Orléanais*, Orléans, 3° série, **32** (4): 11-17.

Dehm R., 1950. Die Raubtiere aus dem Mittel-Miozän (Burdigalium) von Wintershof-West bei Eichstätt in Bayern. – *Abband. der Bayer. Akad. der Wiss. Math.-naturwiss. Klasse*, München N.E, **58**: 1-141.

Duvernoy G. L., 1854. Nouvelles études sur les Rhinocéros fossiles. *Arch. Mus. Nat. Hist. Nat.*, Paris, VII: 1-144;

Ginsburg L., 1989. Les mammifères des sables du Miocène inférieur des Beilleaux à Savigné-sur-Lathan (Indre-et-Loire). *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat*, Paris, série 4, **11**, C (2): 101-121

Ginsburg L., 1999. Remarques sur la systématique des Palaeomerycidae (Cervoidea, Artiodactyla, Mammalia) d'Europe. C. *R. Acad. Sci.*, Paris, Sciences de la terre et des planètes, **329**: 757-762.

Ginsburg L., 1999 b. Le genre *Andegameryx* (Artiodactyla, Mammalia). Évolution, position

systématique et implication stratigraphique. *Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse*, **135**: 113-117.

Ginsburg L. & Bonneau M., 1995. La succession des faunes de mammifères miocènes de Pontigné (Maine-et-Loire, France). *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat*, 4° série, **16** C (2-4): 313-328.

Ginsburg L., Broin F. de, Crouzel F., Duranthon F., Escuillé F., Juillard F. & Lassaube S., 1991. Les Vertébrés du Miocène inférieur de Barbotan-les-Thermes (Gers). *Annales de Paléontologie*, Paris, **77** (3): 161-216.

Ginsburg L. & Bulot C., 1997. Les *Diplocynodon* (Reptilia, Crocodylia) de l'Orléanien (Miocène inférieur à moyen) de France. *Geodiversitas*, Paris, **19** (1): 107-128;

Ginsburg L., ChenaVal J., Janvier P., Pouit D. & Sen S., 2000. Les Vertébrés des sables continentaux d'âge orléanien inférieur (MN 3) de Marcilly-sur-Maulne (Indre-et-Loire), La Brosse à Meigné-le-Vicomte (Maine-et-Loire) et Chitenay (Loir-et-Cher). *Geodiversitas*, Paris, **22** (4): 587-631.

Ginsburg L., Morales J. & Soria D., 1981. Nuevos datos sobre los carnivoros de los Valles de Fuentiduena (Segovia). *Estudios geologicos*, Madrid, **37**: 383-415.

Gueirard S., 1964 : Le "volcan" de Beaulieu, près Rognes (Bouches-du-Rhône). *Bull. Soc. Géol. France*, Paris, 7° série, **VI** (4): 443-455.

Mayet L., 1908. Étude des Mammifères miocènes des sables de l'Orléanais et des faluns de la Touraine. – *Ann. Univ. de Lyon*, N.S. I. Sciences, Médecine, **24**: 1-336.

Obergfell A., 1957. Vergleichende Untersuchungen an Dentitionen und dentale altburdigaler Cerviden von Wintershof-West in Bayern und rezenter Cerviden (eine phylogenetische Studie). *Palaeontographica*, Stuttgart, (A), **109** (3-6): 71-166.

Rössner G. E., 1995. Odontologische und schädelanatomische Untersuchungen an *Procervulus* (Cervidae, Mammalia). - *Münchner Geowiss. Abband.*, München, A **29**: 1-128.

Vaillant L., 1910. Les Sauriens des Faluns de Touraine. *La Feuille des jeunes Naturalistes*, Paris, **479**: 169-171.

**Remerciements :**  
Nous tenons à remercier ici Mlle Sophie Hervet qui nous a déterminé les restes de Chéloniens du gisement, ainsi que M. Jean-Loup Welcomme qui nous a confié l'étude de tout le matériel récolté par lui-même lors des fouilles financées par le laboratoire de Paléontologie de l'Université de Montpellier, où le matériel est actuellement déposé.

# PLANCHE 1

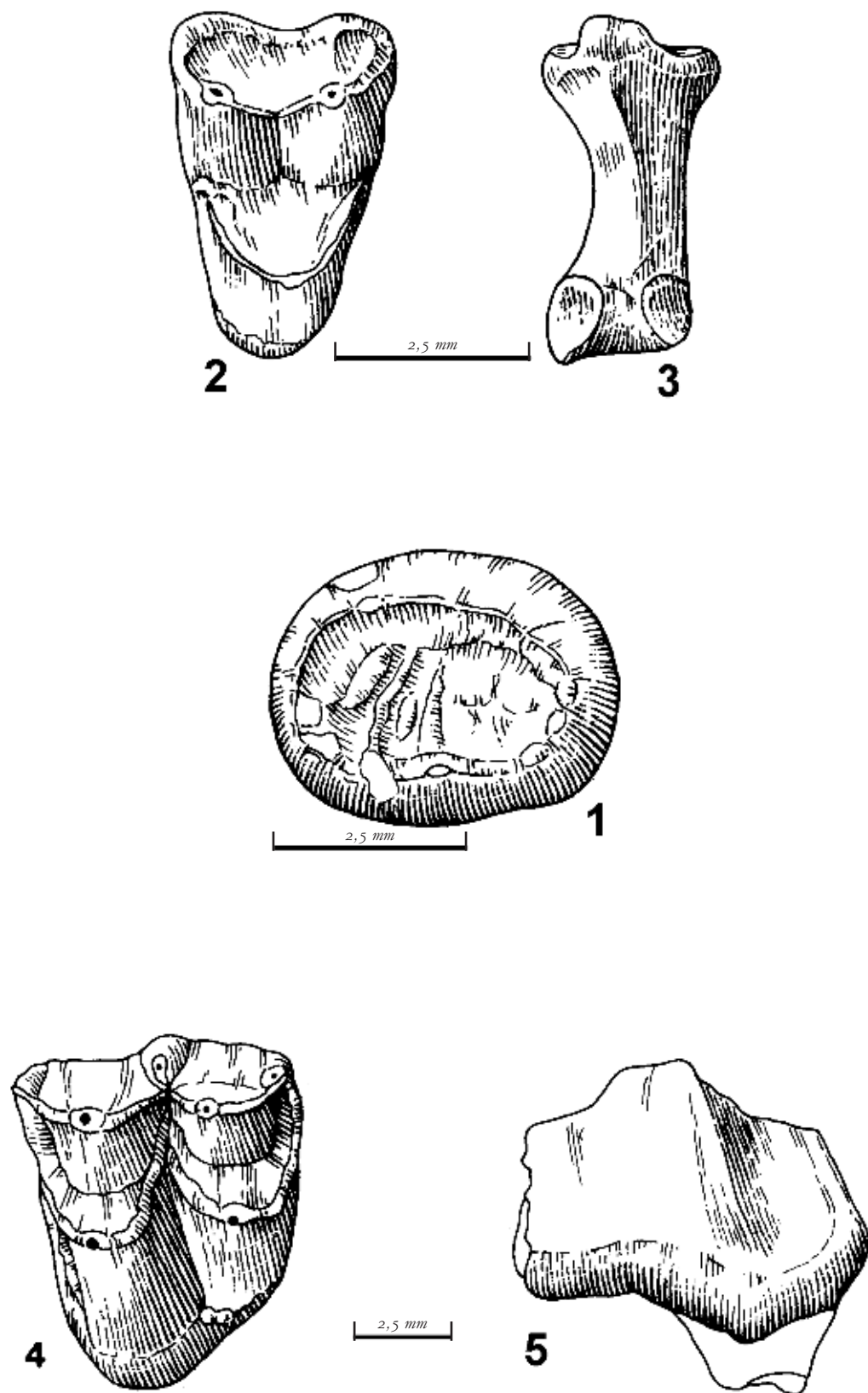


Figure 1 :  
*Ballusia* cf. *ulmensis*.  
M3 d; face occlusale.

Figure 2 :  
Viverridae indet.  
M2 droite; face occlusale.

Figure 3 :  
*Pseudaelurus* *turnauensis*.  
Phalange II; face dorsale.

Figure 4 :  
*Andegameryx* *andegaviensis*.  
M3 gauche; face occlusale.

Figure 5 :  
*Oriomeryx* aff. *willii*.  
P3 gauche; face labiale.

Échelle graphique : 2,5 mm.

# PLANCHE 2

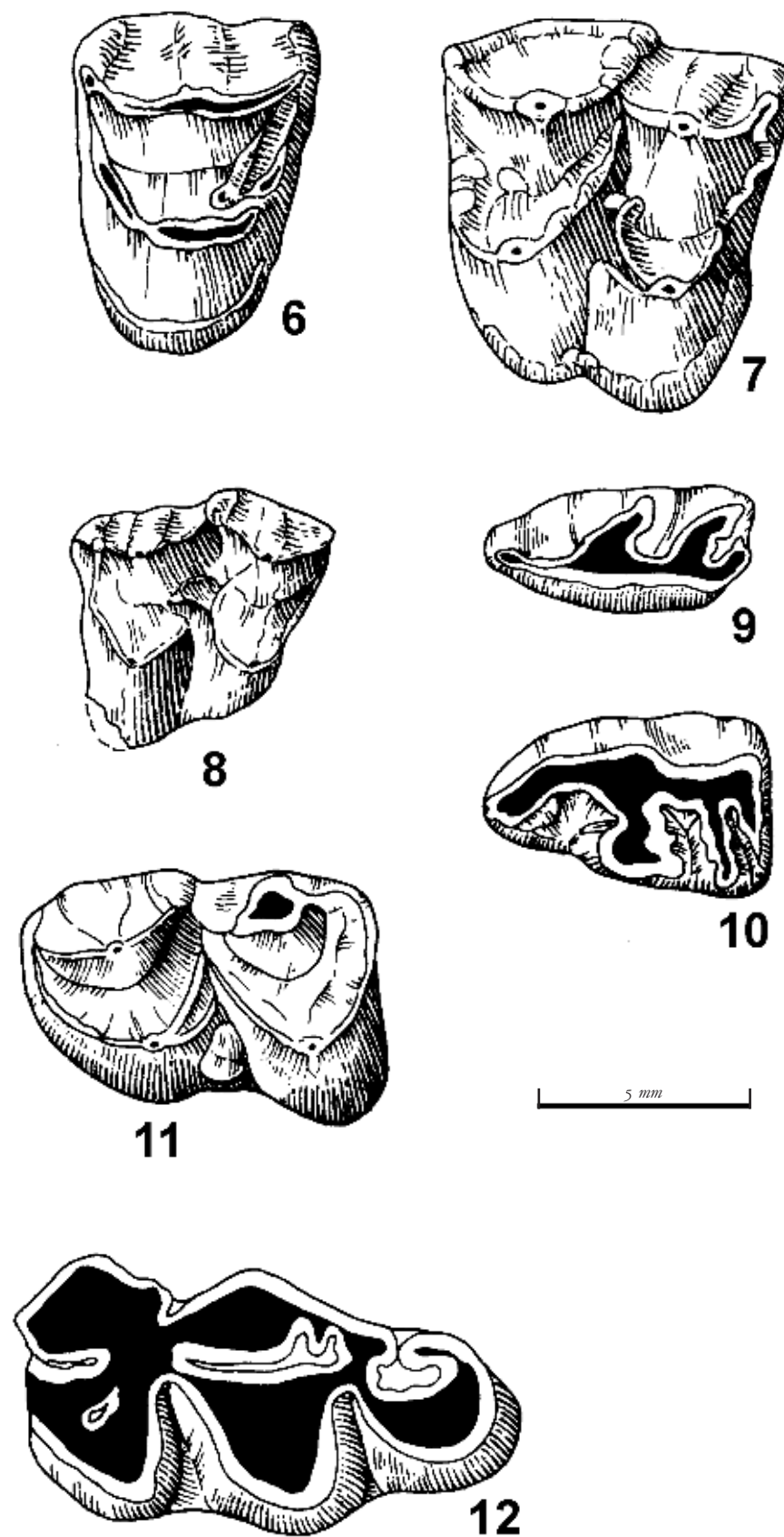


Figure 6-12  
*Procervulus praelucidus trevaressensis*.

6 - P4 gauche; face occlusale.

7 - M2 droite; face occlusale.

8 - DP4 gauche; face occlusale.

9 - P2 gauche; face occlusale.

10 - P4 droite; face occlusale.

11 - M1 droite (retournée); face occlusale.

12 - M3 gauche; face occlusale.

Échelle graphique : 5 mm.



Résumé  
Activité estivale du Rorqual  
commun (*Balaenoptera  
physalus*) dans le sanctuaire  
pélagique nord ouest  
méditerranéen.

Nous avons étudié l'activité des Rorquals communs en Méditerranée nord-occidentale à l'aide des données de 274 observations obtenues au cours de prospections d'une longueur totale de 12 755 kilomètres entre 1991 et 2000. Le type d'activité a été déterminé à 184 reprises sur le terrain à partir de quatre possibilités: le repos, la prédation, la socialisation et le voyage. Les paramètres pris en considération ont été principalement la durée des sondes, le nombre de souffle, la vitesse et la variabilité de la direction du déplacement. L'analyse a été réalisée pour quatre périodes de la journée: le matin (avant 10h), le midi (10-14h), l'après-midi (14h-18h) et la soirée (après 18h). Il apparaît que durant la journée, l'occupation majoritaire est le repos (40,6% des cas) suivie par la prédation (36,1%). Mais la prédation est majoritaire le matin (52%) et en soirée (74%), alors que le repos est majoritaire en milieu de journée (51% des cas). On observe une variation concomitante de la durée des sondes, ainsi que du nombre de souffles entre deux sondes, entre le matin (durée moyenne 8,4 minutes), le midi (5,5 minutes) et la soirée (8,2 minutes). Ces résultats sont totalement en accord avec les connaissances acquises sur l'écologie de la proie préférentielle du Rorqual commun à cette saison, l'euphausiacé *Meganyctiphanes norvegica*, notamment avec les migrations nyctémérales verticales de ces crustacés. Ils correspondent également bien aux résultats sur les profils de plongée du Rorqual commun en Méditerranée, obtenus grâce à des balises enregistreuses. Les sondes de longue durée exposent les baleines à un risque de collision plus élevé, car elles doivent alors être détectées à une distance d'autant plus élevée que le navire avance vite.

**Mots-clés:**  
Rorqual commun; Méditerranée; activité diurne; temps de sonde; collision.

Abstract

The summer activity pattern of fin whales in the north-western Mediterranean Sea was investigated with data from sighting surveys during the period 1991-2000. The effective visual effort totalled 12,755 kilometres obtained during which a total of 274 on-effort fin whale sightings was obtained and behaviour study could be carried on in 230 cases. Parameters such as dive duration, blow count and movement pattern were noted on the field and activity type was determined on 184 occasions. There is a clear decrease in both dive duration and blow count from the morning (dive duration = 8.4 minutes) to the midday (d.d. = 5.5mn), and both parameters increase again from afternoon to evening (d.d. = 8.2mn). Feeding is recorded during the majority of morning and evening sightings (respectively 52% and 74% of cases) and resting occurs in majority during midday and afternoon (51% of sightings). The present findings are consistent with existing knowledge on the ecology of the fin whale main prey, the krill *Meganyctiphanes norvegica*. Extended dives expose whales to a higher collision risk, since they remain visually undetectable at longer distances, especially in the case of fast cruising vessels.

**Keywords:**  
fin whale; Mediterranean; sightings; activity pattern; diel variation; collisions.

Summer activity pattern of fin whales  
(*Balaenoptera physalus*)  
in the northwestern mediterranean  
pelagos sanctuary.

Alexandre Gannier\*

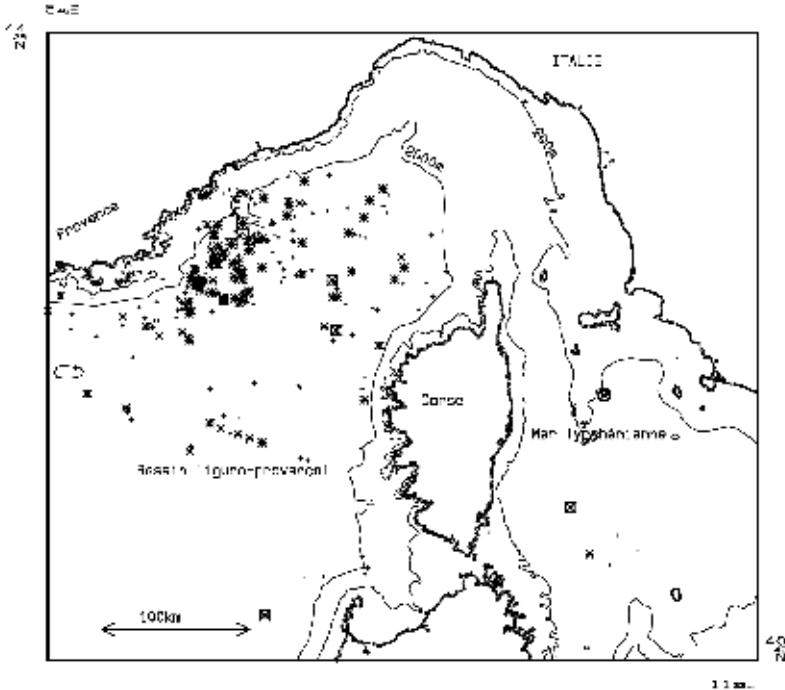
\*Groupe de Recherche sur les Cétacés, 741 chemin des Moyennes Bréguières, Aurelia 13, 06600 Antibes, France  
*email* : a\_o.gannier@club-internet.fr

In February 2002, the Pelagos International Sanctuary for Marine Mammals was formally created in the liguro-provençal basin and the northern Tyrrhenian Sea. This marine area was shelters abundant populations of cetaceans, particularly of fin whales, *Balaenoptera physalus*, (Forcada *et al.*, 1995; Gannier, 1999) and striped dolphins, *Stenella coeruleoalba*. Summer densities of fin whales estimates reach consistent values of 0.015 to 0.019 whale/km² on the liguro-provençal basin (Forcada *et al.*, 1996; Gannier, 1997; 1998a; 1999). The spring to autumn period is favourable to fin whale feeding in the north-western Mediterranean (Gannier, 1998b; 2002), the main prey species being the euphausiid *Meganyctiphanes norvegica* (Orsi-Relini & Giordano, 1992; Relini *et al.*, 1992; Orsi-Relini *et al.*, 1994). While much study effort was dedicated to fin whales distribution and abundance (Notarbartolo Di Sciara *et al.*, 1993, 2003; Littaye *et al.*, 2004, Gannier *et al.*, 2003), the species summer activity pattern remains poorly known, including its dive and surfacing behaviour. Ship collisions pose a severe threat to the long term conservation of fin whale in the Mediterranean, an average of 1-5 collisions being reported yearly (Laist *et al.*, 2001), especially because the population is largely isolated from that of the Atlantic Ocean (Bérubé *et al.*, 1998). Collision risk derives from the dive pattern of whales, individuals being not visually detectable while they are below the surface. Consequently, fast vessels run higher risk because they cover a greater distance during the dive duration: a whale may therefore remain undetected over an entire dive cycle, upon surfacing right ahead of the ship bow. Zanardelli *et al.* (1992) recorded an average diving duration of 8.1 minutes with a limited data set. Recent results on fin whale dive profiles (Panigada *et al.*, 1999) suggest a high temporal variability in dive cycles, probably because whale activity is linked to the diel migration of its principal prey, *M. norvegica* (Andersen *et al.*, 1992; Sardou & Andersen, 1993). Our research attempted to determine the daily variation of activity and dive patterns in the north-western Mediterranean Pelagos Sanctuary and adjacent waters. This was carried on by analysing sighting data from summer surveys held in the area from 1991 to 2000.

MATERIAL AND METHODS

Study area and survey protocol

The study area encompasses Pelagos Marine Mammals Sanctuary and waters immediately adjacent, from 5°E to 11°30E longitude and North of 40°50 latitude. Large oceanic areas (water deeper than 2000 m) are found in the liguro-provençal basin, but not in the northern Tyrrhenian Sea, whose open sea waters are of intermediate depth (1000 m to 2000 m) (figure 1). The Ligurian Front and the associated water circulation form one of the most productive areas in the Mediterranean Sea, with a superficial primary biomass peaking in March-April and a summer primary production maximum located close to the pycnocline, 30 to 60m deep (Jacques *et al.*, 1976; Prieur, 1981).



Although our dedicated small boat surveys began in 1988, only data collected from July 1991 to August 2000 were considered here to ensure a better consistency in field protocols, in such aspects as the use of satellite positioning devices, the number of on-duty observers. The determination of whales activity from observed behaviours may be considered as consistent throughout the period of study. A 9.50 m sloop was used up until 1994 (mean speed of 9 km/h) and surveys were carried on with a 12.0 m motor-sailer boat from 1995 onwards (mean speed of 11 km/h). The sampling strategy involved random sampling when the sighting conditions were good to excellent (basically Beaufort 0-3). The visual survey consisted of continuous, naked eye observation by shifts of three observers rotating every two hours and covering the 180° frontal sector. An index of sighting conditions was recorded every 20 minutes : the index varied from 0 (null) to 6 (excellent) and was derived from wind speed, sea-state, residual swell and light conditions (Gannier, 1997). With wind speed equal to Beaufort 3, good light conditions and no conspicuous swell the sighting conditions index value was 4.

Sightings

When cetaceans were detected various sighting parameters were recorded (bearing and radial distance to the boat, position,...) and fin whales were usually approached at a distance of 100-200 meter to determine the school size and structure, and various behaviour parameters such as dive type and duration, number of blows and surfacing duration, swimming direction, velocity (estimated in relation to boat's speed) and variation. Two observers were in charge of counting blows and measuring dive and surfacing time of individual whales. One important aspect was the determination of activity type from a choice of four possibilities : resting, travelling, feeding and socialising. If behaviour and activity types have been studied in detail for delphinids such as spinner dolphins (Norris *et al.*, 1994), there is no precise methodology for fin whales. The activity type was directly recorded on the field from the observation of behavioural factors (velocity and directionality of movement) and dive-surfacing cycles (dive type, dive time, blows count) (Table I). In some cases, two options were conserved (for

example, travelling-feeding), and in several other cases it was not possible to determine activity at all. Sighting duration was variable, ranging from one minute to over 2 hours, however in 60% of the cases it was comprised between 5 and 60 minutes.

Activity type	swimming velocity	swimming directivity	Dive type	Dive time	Blow count
Resting	slow <2kts constant	weakly variable	sub-surface short distance	1 to 10 mn consistent	1 to 10 consistent
Travelling	fast >4kts constant	constant	sub-surface long distance	2 to 8 mn consistent	2 to 15 consistent
Feeding	3-5kts constant or variable	very variable	deep short distance	3 to 20 mn consistent	3 to 30 consistent
Socializing	3-10kts very variable	very variable	surface or sub-surface	0 to 7 mn variable	1 to 15 variable

Data analysis

Data was loaded into a database and exported to the geographic software *Oedipe* (Massé & Cadiou, 1994), which was used for mapping of the sampling track and sightings. Analyses of activity patterns were carried out for a subset of sighting data : sightings had to be over 5 minutes in duration and observation distance was to be less than 800 meters. The field determination of activity was confirmed by a posteriori analysis of dive times and blows counts. The activity pattern was defined as the relative frequency of each activity category (resting, socialising, travelling, feeding) :

$$Fi = ni / nd$$

with  $nd$  the number of sightings for which activity was determined on the field and  $ni$  the number of cases for which activity  $i$  was recorded. When two possible activity categories were retained for a given sighting, a value of  $1/2$  was affected to each activity category. The activity pattern was first determined globally and then by splitting data into four day time periods : from 6am to 10am (morning), from 10am to 2pm (midday), from 2pm to 6pm (afternoon) and from 6pm to 10pm (evening).

Effort and sightings distribution

The effective visual effort amounts to a total of 12,755 km (6,887 nautical miles) during the survey period. A total of 274 fin whales sightings were obtained on-effort with Beaufort 3 or less sea-conditions (Figure 1). School sizes varied between unity (61.2% of sightings) and 7 individuals (one sighting), with 28.8% of pair of whales and 6.0% of sightings on schools of 3 individuals. A mean school size of 1.55 ind./group was obtained (SE=0.87).

Sightings were obtained in water 70 m to 3100 m deep, with a mean depth of 2295 meter; 86.8% of the sightings were obtained in water deeper than 2000 m, and 7.5% in water shallower than 1500 m. The average distance from sighting to shore was 45.3 km, with a minimum of 2.8 km and a maximum of 133 km; 50% of sightings were obtained between 30 and 60 km from shore.

Activity patterns

A total of 230 sightings were selected for analysis of activity patterns, including 184 cases for which activity could be determined (80% of the data subset). Dive time was measured in 136 cases and an average of 6.9 minutes was obtained, but with a significant temporal variation : durations were shown to decrease from 8.4 mn (SD=4.4) during the morning to 5.5 mn (SD=3.3) for the 10am-2pm period, and than to slightly increase to 6.9 mn (SD=3.6) from 2pm to 6pm and to 8.2 mn (SD=3.8) for the evening (Table II). Dive duration proved to be a good parameter to discriminate between different field-recorded activity categories : the average dive duration was of 4.4 mn for resting (SD=3.6), 5.3 mn for socialising (SD=3.1), 6.3 mn for travelling (SD=3.3) and reached 8.6 mn (SD=3.8) for feeding activity (maximum 19.5 minu-

Tableau I  
Field determination of activity pattern for Mediterranean fin whales

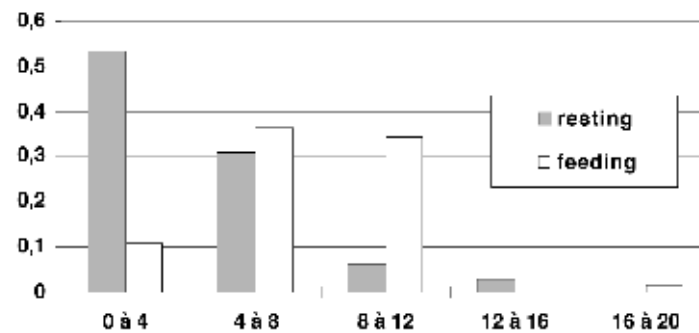
RESULT



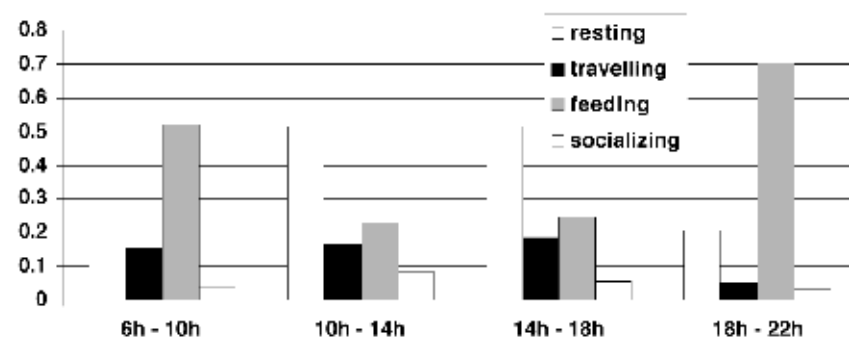
*Tableau II*  
Dive durations and blow counts for  
different periods of the day

Period of the day	Dive duration average	Dive duration (n, SD)	Blow count average	Blow count (n, SD)
6am to 10am	8.4 mn	19 , 4.4	11.9	18 , 7.1
10am to 2pm	5.5 mn	47 , 3.3	7.2	42 , 6.3
2pm to 6pm	6.9 mn	45 , 3.9	8.0	45 , 6.3
6pm to 10pm	8.2 mn	24 , 3.8	11.1	29 , 6.2

*Figure 2*  
Dive durations for resting  
and feeding activities

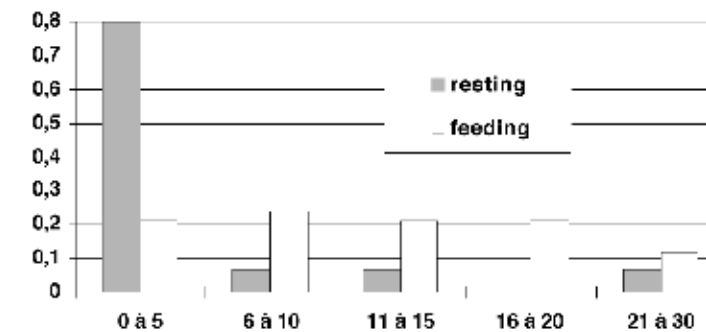


During our study, activity category could be determined in 184 cases. Fin whales were predominantly observed in “resting” (40.6% of cases) or “feeding” activity (36.1% of cases). Travelling was recorded in only 17% of sightings and socialising was the least represented activity category, with 6.3% of the cases. The diurnal variation of the activity type was very interesting (Figure 3): feeding activity was recorded in 52% of the case during the morning and its proportion decreased to 24% during the afternoon, before increasing to 71% of cases during the evening period. The proportion of “resting” cases followed a reverse trend, increasing from 28% during the morning to 51% during midday and afternoon, before decreasing to 21% for the evening period. This clear diurnal shift between the two principal activity categories might better be understood by keeping in mind that fin whales are also feeding during night time, in agreement with the migration habits of their preys.



Blow counts were measured in 134 cases : an average of 9.1 blows per surfacing was obtained. In agreement with dive durations, there is a clear temporal variation of blow counts, which decreased from 11.9 blows during the morning to 7.2 blows per surfacing for the 10am-2pm period, and than to slightly increase to 8 blows (2pm-6pm) and to 11.1 blows for the evening (Table II). Blows counts were also determinant since in 80% of the “resting” cases, whales blew less than 4 times between successive dives. For the feeding category, blow counts were very variable between 3 and 20, average values between 11.7 and 14.5 blows per surfacing being obtained depending of the period of the day (Figure 4). Hence, dive durations and blow counts were related: long dive duration (in the morning) corresponded to higher blow counts, when short dives were related to low blow counts (midday and afternoon).

*Figure 3*  
Blow counts for resting  
and feeding activities



*Figure 4*  
Activity patterns  
and periods of the day

Estimated velocities were also useful in differentiating activity types : an average velocity of 1.1 m/s was estimated for “resting” cases, against 2.3 m/s in “feeding” cases. Discrimination between socialising and travelling activity types relied mostly upon movement patterns : on one hand, average velocities were not significantly different (1.85 m/s for socialising against 2.05 m/s for travelling), on the other hand, movement directionality was determinant : a constant direction was recorded in 83% of the “travelling” cases and a variable direction in 86% of the “socialising” cases.

## DISCUSSION

A dichotomy existed between activity patterns obtained during the morning and evening periods on one hand, when feeding is recorded in 52-71% of the cases respectively and resting occurs less frequently, and the activity recorded during the middle of the day, with about 24% of whales recorded as feeding and over 51% observed as resting (Figure 4). This diurnal variation of activity is clearly supported by dive durations and blow counts, with much longer dives associated to longer blowing sequences during the morning and the evening (Table II). This result is in agreement with **Panigada et al. (1999)**, who obtained dive profiles from time-depth-recorder deployments tags : one whale displayed shallow dives between 9 :45am and 5pm (mean depth 24.5 m), before starting a sequence of very deep dives (in excess of 470 m) of long durations (11.7 and 12.6 minutes). The authors related deep dive profile to active foraging, starting late in the afternoon. The daily variation of activity pattern is well in agreement with existing paradigm on fin whale nocturnal feeding habits, in the Mediterranean : the high proportion of whales recorded as feeding during the morning and the evening supported the opinion that fin whales spend most night time in feeding activity. **Zanardelli et al. (1992)** reported on 17 fin whale dive cycles in the Ligurian Sea and found an average duration of 8.1 minutes and a mean blow count of 7.3, both figures being in reasonable agreement with the results presented here (respectively 6.9 minutes dive duration and 9.1 blows). But **Jahoda et al. (2003)** obtained lower average dive time of 3.7 minutes and blow counts of 5.2 : these figures were estimated during a study of whale response to biopsy darting, hence a possibility of shorter dives and surfacing due to the close presence of the scientific boat. In the St.Lawrence estuary, dive cycles of fin whales have been studied in detail with TDR transmitters (**Giard et al., 1999**) : dive were lasting 4.9 mn in average when whales were engaged in active feeding (between 5am and 3pm) and 3.9 mn when they were not. Maybe due to a different topography (depth <200 m) and variety of prey items (euphausiids and capelin *Mallotus villosus*), dives are significantly shorter than those obtained during the present study.

The diving behaviour of fin whales is well correlated to the temporal variation of the distribution of potential preys in the Ligurian Sea, in particular of the krill *M. norvegica*. This euphausiid is found in abundance in the north-western Mediterranean (**Casanova, 1974**), where reproduction occurs from late winter to late spring (**Cuzin-Roudy, 1993; Labat & Cuzin-Roudy, 1996**). Vertical upwards migration of this crustacean has been shown to occur from 2 hours before sunset (**Andersen et al., 1992**), after the swarms leave their deep day-time residency level (**Sardou & Andersen, 1993; Sardou et al., 1996**). The downwards migration seems to start less than one hour before sunrise and to be completed about 15 minutes after sunrise (**Andersen et al., 1992**). The same authors have also observed that

juvenile fractions of *M. norvegica* population stays day and night in the superficial 0-75 m layer, thus possibly explaining why several whales are observed in feeding activity even between 10am and 2pm, when larger crustacean should be out of reach.

With an average whale dive duration of 6.9 minutes, a boat cruising at 20 knots must detect a fin whale 4200 m ahead in order to avoid a possible collision, but the same whale must be sighted 8400 m ahead by a 40 knots cruising boat. Such a detection performance is unlikely with mediocre sighting conditions, such as those prevailing during early morning of late evening, periods of even longer dive durations (8.4-8.6 mn in average, up to 19.5 mn). This explains why collisions may increase in frequency with more faster vessels crossing the Pelagos Sanctuary during summer time.

CONCLUSION

The fin whales summer activity pattern was observed to vary substantially during the day, whales being observed either resting or feeding, depending on the time. Feeding, associated to longer dives, was in majority during the morning and the evening, while resting was the principal activity during midday and afternoon. Fin whales obviously adapt their diving activity to prey availability. Present findings clearly suggest why whales are highly vulnerable to collisions with fast vessels during long dives, calling for urgent precaution measures. Whales are exposed to other human-originated disturbance during their daily resting time: unregulated whale-watching may also be detrimental to the fin whale long term conservation.

REFERENCES

Andersen V., Sardou J, & Nival P., 1992. The diel migrations and vertical distributions of zooplankton and micronecton in the North-western Mediterranean Sea. 1. Euphausiids, Mysids, Decapods and Fishes. *Journal of Plankton Research*, **14** (8) : 1129-1154.

Bérubé M., Aguilar A., Dendanto D., Larsen F., Notarbartolo Di Sciara G., Sears R., Sigurjonsson J., Urban-Ramirez J., & Palsboll P., 1998. Population genetic structure of North Atlantic, Mediterranean Sea and Sea of Cortez fin whales, *Balaenoptera physalus* (Linnaeus 1758) : analysis of mitochondrial and nuclear loci. *Mol. Ecol.*, **7** : 585-599.

Casanova B., 1974. *Les Euphausiacés de Méditerranée (Systématique et développement larvaire. Biogéographie et Biologie)*. Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles, Université d'Aix-Marseille I, 360 pp.

Cuzin-Roudy J., 1993. Reproductive strategies of the Mediterranean krill, *M. norvegica* and the Antarctic krill, *E. superba*. *Invertebrate Reproduction and Development*, **23** (2) : 105-114.

Duguy R., Casinos A., Di Natale A., Filella S., Ktari Chakroun F., Lloze R. & Marchessaux D., 1983. Répartition et fréquence des Mammifères marins en Méditerranée. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **28** (5) : 223-230.

Forcada J., Notarbartolo Di Sciara G. & Fabbri F., 1995. Abundance of the fin whales and the striped dolphin summering in the corso-ligurian basin. *Mammalia*, **59** : 127-140.

Forcada J., Aguilar A., Hammond P., Pastor X. & Aguilar R., 1996. Distribution and abundance of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Western Mediterranean during summer. *Jour. of Zool. London*, **238** : 23-31.

Gannier A., 1997. Estimation de l'abondance estivale du Rorqual commun *Balaenoptera physalus* (Linné, 1758) dans le bassin liguro-provençal (Méditerranée nord-occidentale). *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, **52** : 69-86.

Gannier A., 1998a. Estimating the summer abundance of striped dolphins and fin whales in the North-western Mediterranean with a small boat survey. Report SC/49/0 1 to the 39th Annual meeting of the Scientific Committee, *International Whaling Commission*.

Gannier A., 1998b. Variation saisonnière de l'affinité bathymétrique des Cétacés dans le bassin liguro-provençal. *Vie et Milieu*, **48** (1) : 25-34.

Gannier A., 1999. Les cétacés de Méditerranée nord-occidentale, nouveaux résultats sur leur distribution, la structure de leur peuplement et l'abondance relative des différentes espèces. *Mésogée*, **56** : 3-19.

Gannier A., 2002. Summer distribution of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the north-western Mediterranean Marine Mammals Sanctuary. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, **57** : 135-150.

Gannier A., Bourreau S., Drouot V., Gannier O. & Laran S., 2003. Summer distribution of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Mediterranean Sea. *Mésogée*, **60** : 17-25.

Giard J., Michaud R. & Goodyear J.D., 1999. The day and nights of fin whales : a VHF tracking study of their behaviour and use of habitat in the St Lawrence estuary, Canada. *13th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, Maui, Hawaii (28 Nov.-3 Dec.) : Abstracts p.53.

Jacques G., Minas M., Neveux J., Nival P. & Slawik G., 1976. Conditions estivales dans la divergence de Méditerranée Nord-occidentale : III. Phytoplankton. *Ann. Inst. océanogr.*, Paris, **52** (2) : 141-152.

Jahoda M., Lafortuna C., Biassoni N., Almirante C., Azzelino A., Panigada S., Zanardelli M. & Notarbartolo di Sciara G., 2003. Mediterranean fin whales (*Balaenoptera physalus*) response to small vessels and biopsy sampling assessed through passive tracking and timing of respiration. *Marine Mammal Science* **19** (1) : 96-110.

Labat J.-P., Cuzin-Roudy J., 1996. Population dynamics of the krill *Meganyctiphanes norvegica* (M.Sars, 1857) (Crustacea : Euphausiacea) in the Ligurian Sea (NW Mediterranean Sea) Size structure, growth and mortality modelling. *Journal of Plankton Research*, **18** (12) : 2295-2312.

Laist D.W., Knowlton A.R., Mead J.G., Collet A.S. & Podestà M., 2001. Collisions between ships and whales. *Marine Mammal Science*, **17** (1) : 35-75.

Littaye A., Gannier A., Laran S. & Wilson J.P.F, 2004. The relationship between summer aggregation of fin whales and satellite-derived environmental conditions in the northwestern Mediterranean Sea. *Remote Sensing of Environment* **90** (1) : 44-52.

Massé J. & Cadiou Y., 1994. *Oedipe: Manuel Utilisateur*. IFREMER (Nantes) : 38pp.

Norris K.S., Würsig B., Wells R.S. & Würsig M., 1994. *The Hawaiian Spinner dolphin*. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.

Notarbartolo di Sciara G., Venturino M.C., Zanardelli M., Bearzi G., Borsani F. & Cavalloni B. 1993. Cetaceans in the central Mediterranean Sea: distribution and sighting frequencies. *Boll. Zool.*, **60** : 131-138.

Notarbartolo di Sciara G., Zanardelli M., Jahoda M., Panigada S. & Airoidi S., 2003. The fin whale *Balaenoptera physalus* in the Mediterranean Sea. *Mammal Review*, **33** (2) : 105-150.

Orsi-Relini L. & Giordano A., 1992. Summer feeding of the fin whale, *Balaenoptera physalus*, in the Liguro-Provençal basin. *European Research on Cetaceans*, **6** : 138-141.

Orsi Relini L., Relini G., Cima C., Palandri G., Relini M. & Torchia G., 1994. *Meganyctiphanes norvegica* and Fin Whales in the Ligurian sea : new seasonal patterns. *European Research on Cetaceans*, **8** : 179-182.

Panigada S., Zanardelli M., Canese S. & Jahoda M., 1999. How deep can baleen whales dive. *Marine Ecology Progress Series*, **187** : 309-311.

Prieur L., 1981. Hétérogénéité temporelle dans le bassin liguro-provençal. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **27** : 177-179.

Relini G., Orsi-Relini L., Cima C., Fasciana C., Fiorentino F., Palandri G., Relini M., Tartaglia M., Torchia G. & Zamboni A. 1992. Macroplankton, *Meganyctiphanes norvegica*, and fin whales, *B. physalus*, along some transects in the Ligurian Sea. *European Research on Cetaceans*, **6** : 134-137.

Sardou J. & Andersen V. , 1993. Micronecton et macroplankton en Mer Ligure (Méditerranée) : migrations nycthémerales et distributions verticales. *Oceanologica Acta*, **16** (4) : 1-12.

Sardou J., Etienne M. & Andersen V. 1996. Seasonal abundance and vertical distributions of micronekton et macroplankton in the north-western Mediterranean Sea *Oceanologica Acta*, **19** (6) : 645-656.

Zanardelli M., Notarbartolo di Sciara G. A Jahoda M., 1992. Photo-identification and behavioural observations of fin whales summering in the Ligurian Sea. *European Research on Cetaceans*, **6** : 86-89.

**Acknowledgements**  
I thank the GREC ground staff who efficiently contributed to the survey logistics and numerous experienced observers who greatly contributed to survey data collection.



# Age et croissance du serre *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae) du Golfe de Gabès (Tunisie)

Khalifa Dhieb\*, Mohamed Ghorbel \* & Abderrahmen Bouain\*\*

\*Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, Centre de Sfax, BP 1035, 3018 Sfax, Tunisie. \*\*Faculté des Sciences de Sfax BP 802, 3018 Sfax, Tunisie.  
*e-mail* : khalifadhieb5@yahoo.fr

Le serre, *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766), est un poisson pélagique à large répartition géographique (Wilk, 1977). De nombreux auteurs ont étudié la biologie de cette espèce. Champagnat *et al.* (1983) se sont intéressés à la pêche, à la biologie et à la dynamique du serre sur les côtes sénégal-mauritaniennes. Barger (1990) a évalué l'âge et la croissance du serre dans le golfe nord du Mexique. Landau et al. (1995) ont analysé l'effet du parasitisme sur la croissance des petits individus du serre vivant dans l'Atlantique centrale. Haimovici & Krug (1996) ont étudié la biologie de l'espèce peuplant le sud du Brésil. Lucena & O'Brien (2001) ont examiné les effets de la sélectivité des engins de pêche sur l'estimation de la croissance du serre exploité dans les eaux brésiliennes. En Tunisie, le serre est présent sur toutes les côtes. Le golfe de Gabès, d'où sont issus nos échantillons, s'étend du Cap Kapoudia, au niveau du parallèle 35° N, jusqu'aux frontières tuniso-libyennes. L'eau de la frange littorale subit l'influence du continent et celle du large est influencée par le courant atlantique. La température moyenne est de 19,5° C et la salinité oscille entre 38 et 39 ‰ (Hamza, 2003).

La taille des individus débarqués dans ce secteur ne dépasse guère 40 cm. Or, dans d'autres régions marines la taille de cette espèce pourrait atteindre 110 cm (Fischer *et al.*, 1987). Nous avons entrepris d'étudier son écobiologie afin de déterminer les paramètres qui pourraient fournir les données de base en vue d'une exploitation rationnelle du stock. Dans cette note, nous donnons les résultats obtenus en ce qui concerne l'âge et la croissance de *Pomatomus saltatrix* du golfe de Gabès à partir de la lecture des écailles.

## Résumé

L'étude de l'âge et de la croissance du serre *Pomatomus saltatrix* du golfe de Gabès, au sud-est de la Tunisie, a porté sur un échantillon provenant de la pêche commerciale. Cet échantillon a compris 218 femelles et 217 mâles. Les écailles manifestant un marquage net des différentes phases de croissance ont permis de classer les individus en six groupes d'âge. L'analyse des variations mensuelles de l'allongement marginal a révélé un arrêt de croissance en janvier. L'équation de la relation entre la taille de l'individu et le rayon de son écaille a été utilisée pour rétrocalculer les tailles-aux-âges. Les paramètres théoriques de la croissance en longueur (sexes combinés) estimés par le modèle mathématique de Von Bertalanffy sont les suivants : L = 47,7 cm, k = 0,1951 et t<sub>0</sub> = - 0,99 an. La masse maximale théorique calculée est d'environ 950 g pour un âge maximal théorique de 14 ans. Or, le plus grand spécimen observé était une femelle âgée de 7,5 ans ayant une longueur totale de 44,5 cm et une masse totale de 816 g.

### Mots-clés :

*Pomatomus saltatrix*, golfe de Gabès, Tunisie, âge, croissance, scalimétrie.

## Abstract

### Age and growth of bluefish *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae) of Gabes gulf (Tunisia).

In Tunisia, the bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) occurs along all the coasts but it is more abundant in the gulf of Gabes where it is commercially exploited all the year by several gears. In the markets, it is regularly present but its size is much smaller than the same species living in other maritime sectors. However, any study of its biology was made. Our study aims to estimate the growth parameters of the bluefish from the gulf of Gabes using scales from 440 specimens landed commercially from october 1998 to january 2000. Total length in mm and total weight in grams were measured. The sexes were determined through the gonadal examination. Scales were removed from under the pectoral fin, conserved for a week then mounted between glass slides and examined with a microscope. The rings of slow growth were counted. The total radius of the scale (R) and the radius of each ring (Ri) were measured.

The analysis of monthly variations of scales' marginal lengthening has permitted to situate the slow growth on January. Fish was considered to be 1,25 year old after the formation of the first winter ring (laying is on Oct-Nov) and a further year was added to the age of the fish for each subsequent ring. Fish length and scale radius relationship (L = a R<sub>b</sub>) was determined and used to back-calculate length at age. The parameters of length growth relative to Von Bertalanffy's equation estimated from length-at-age data are for the sexes combined : L = 47.7 cm, k = 0.1951 and t<sub>0</sub> = - 0.99. The absolute weight growth was described by a mathematical model deducted from Von Bertalanffy's equation ; the maximal total weight of bluefish reaches about 950 g and the maximal age of the species was valued to 14 years.

### Keywords:

*Pomatomus saltatrix*, gulf of Gabes, Tunisia, age, growth, scalimetry.

Dans le golfe de Gabès, *Pomatomus saltatrix* est capturé, toute l'année, par divers engins de pêche. Il devient relativement rare pendant la saison froide (décembre, janvier et février). Malgré cela, nous avons eu la possibilité de prélever au minimum un échantillon de 6 individus par semaine durant cette période. D'octobre 1998 à janvier 2000, nous avons échantillonné 663 spécimens de longueur totale (LT) comprise entre 10,9 et 44,5 cm.

Pour évaluer l'âge, nous avons prélevé les écailles sous les nageoires pectorales où elles sont les mieux protégées. Ces écailles ont été conservées pendant une semaine dans des flacons contenant une faible solution d'éthanol (2 %). Pour chaque poisson, de huit à dix écailles ayant à peu près la même taille ont été nettoyées et montées à sec entre deux lames. Après élimination des écailles illisibles (macrocentriques, régénérées ou mal conservées), nous avons à notre disposition 440 lames où il y avait au moins cinq écailles nettes où la disposition des circuli permettait la reconnaissance des différentes phases de croissance. Nous avons pris comme anneau d'arrêt de croissance celui qui constitue le bord externe d'une zone à circuli rapprochés (Tesch, 1971). A l'aide d'un micromètre nous avons mesuré, suivant l'axe vertical, le rayon total (R) du focus au bord antérieur de l'écaille et les rayons R1, R2,...Rn des anneaux d'arrêt de croissance respectifs. Par ailleurs, nous avons mesuré en mm la longueur totale (LT), la longueur à la fourche (LF) et la longueur standard (Lst), ainsi que la masse totale (MT en g) et la masse de l'individu éviscéré (Mev en g). Le sexe a été déterminé par l'examen à l'œil nu des gonades assez grandes et par l'observation au microscope (squash) des gonades filiformes.

Au delà du dernier anneau d'arrêt de croissance s'ajoutent de nouveaux circuli formant une zone qui varie en largeur suivant les mois (Pikitch et Demory, 1988). Ainsi, pour déterminer la période d'arrêt de croissance, nous avons analysé les variations mensuelles de l'allongement marginal des écailles (AM) calculé par la formule  $AM = R - R_n / (R_n - R_{n-1})$  où R = rayon total de l'écaille,  $R_n$  = rayon du dernier anneau formé et  $R_{n-1}$  = rayon de l'avant dernier anneau. Le mois correspondant au plus faible allongement marginal a été considéré comme période d'arrêt de croissance. Pour estimer l'âge approximatif d'un individu, à l'apparition de l'anneau d'arrêt de croissance nous avons tenu compte du nombre d'anneaux que montrent ses écailles, ainsi que de deux événements essentiels : la date de naissance qui correspond à la saison de ponte et la période d'arrêt de croissance. La période de ponte a été déterminée par l'analyse des variations mensuelles du rapport gonado-somatique (Dhieb et al., 2001 b).

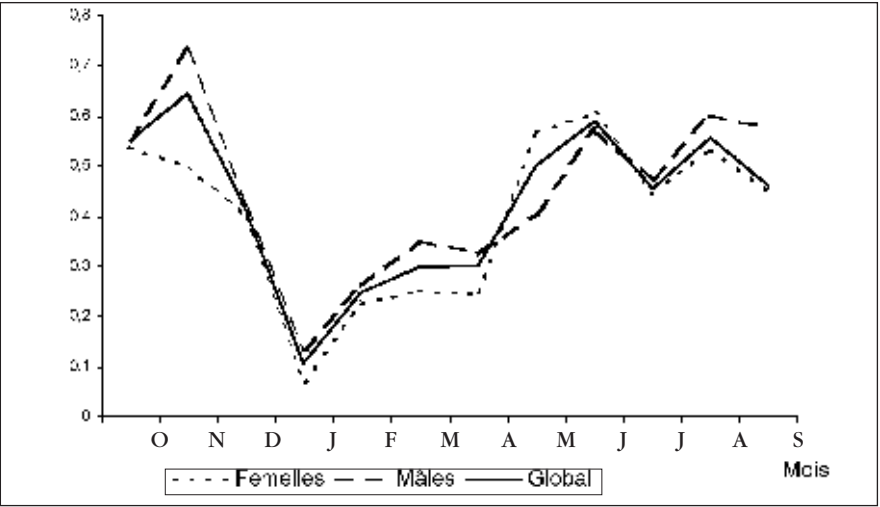
Pour l'étude de la croissance en longueur nous avons établi l'équation liant la longueur totale (LT) au rayon total (R) de l'écaille qui est de la forme  $LT = a R^b$ . Cette équation a permis de rétrocalculer la longueur totale au moment de l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance. Ces données regroupées dans un tableau clé taille-âge ont servi, entre autres, à l'estimation du taux annuel de croissance par la formule (Deniel, 1984) :  $Cr \% = (LT_{n+1} - LT_n) / [(LT_{n+1} + LT_n) / 2]$ , où  $LT_n$  = longueur totale correspondant à l'anneau n et  $LT_{n+1}$  = longueur totale correspondant à l'anneau suivant.

Afin de déterminer les paramètres théoriques de croissance en longueur, nous avons utilisé le modèle mathématique de Von Bertalanffy (1938) qui a pour équation :  $L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$ . La détermination de ces paramètres biologiques (L, k et  $t_0$ ) a été effectuée à l'aide d'un logiciel informatique "FSAS", basé sur la méthode itérative de l'adaptation non linéaire de Maquardt (Saul et al.,1988).

La croissance pondérale de l'espèce a été décrite par l'équation de Von Bertalanffy qui exprime la masse en fonction du temps :  $M_t = M_{\infty}[1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$ , où  $M_{\infty}$ = masse maximale correspondant à  $L_{\infty}$ , calculée par l'équation  $M = aL^b$  qui relie la masse à la taille ; a et b sont deux constantes déterminées par la méthode des moindres carrés. L'âge maximum a été déterminé en appliquant l'équation déduite du modèle mathématique de Von Bertalanffy :  $t = t_0 - \frac{1}{k} \text{Log} \frac{L_{\infty} - L_t}{L_{\infty}}$

Les équations de conversions des longueurs (Tab. I), montrent que les portions du corps (LT, LF et Lst) de *Pomatomus saltatrix* du golfe de Gabès croissent isométriquement aussi bien chez les mâles que chez les femelles.

	Relations	Effectif	y = a R <sup>b</sup>	Facteur r
Sexes combinés	Lst =f (LT)	639	Lst = 0,87LT <sup>0,98</sup>	0,99
	LF =f (LT)	639	LF = 1,14LT <sup>0,95</sup>	0,99
Mâles	Lst =f (LT)	289	Lst = 0,9LT <sup>0,98</sup>	0,99
	LF =f (LT)	289	LF = 1,18LT <sup>0,96</sup>	0,99
Femelles	Lst =f (LT)	292	Lst = 0,84LT <sup>0,99</sup>	0,99
	LF =f (LT)	292	LF = 1,14LT <sup>0,96</sup>	0,99



Les écailles sous-pectorales sont cycloïdes et ont une forme grossièrement rectangulaire. L'allongement marginal de ces écailles (Fig. 1) croît faiblement de février à avril puis s'accélère d'avril à juin pour se maintenir presque constant de juin à octobre. Il atteint son maximum en novembre (0,64). Ensuite, il décroît et atteint son minimum au mois de janvier (0,1). Nous pouvons donc considérer que l'anneau d'arrêt de croissance se forme en janvier chez les deux sexes, quel que soit l'âge de l'individu.

D'après le travail de Dhieb et al. (2001 b) *Pomatomus saltatrix* se reproduit dans le golfe de Gabès en octobre-novembre. En prenant en considération cette période et celle de la formation de l'anneau (janvier), nous avons estimé à 15 mois (1,25 an), l'âge approximatif de l'individu à l'apparition du premier anneau d'arrêt de croissance. Ainsi, la population est composée de 6 groupes d'âge (1,25 - 2,25 ...- 6,25 ans).

L'équation  $LT = aR^b$  a montré que la longueur totale du serre croît corrélativement avec le rayon de l'écaille avec une allométrie minorante (Tab. II). Cette équation a été utilisée pour le rétrocalcul de la longueur totale à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance. Les valeurs moyennes de ces longueurs-âges (Tab. III) ont servi, d'une part, au calcul du taux annuel de croissance et, d'autre part, à l'application du modèle mathématique de Von Bertalanffy à la croissance en longueur du serre. L'ajustement de la courbe a permis de déterminer les paramètres ( $L_{\infty}$ , k et  $t_0$ ) consignés dans le tableau IV.

	y = a R <sup>b</sup>	Coeficient r	Effectif
Sexes combinés	LT = 213,69 R <sup>0,7511</sup>	0,90	440
Mâles	LT = 212,1 R <sup>0,7614</sup>	0,89	217
Femelles	LT = 216 R <sup>0,7303</sup>	0,89	218

Tableau I  
Croissance relative des longueurs (LT, LF et Lst) chez *Pomatomus saltatrix* du golfe de Gabès (équations de conversions) [Relative growth of lengths (TL, FL and stL) of *Pomatomus saltatrix* from the gulf of Gabes (conversions equations)].

Figure 1  
Variations mensuelles de l'allongement marginal (A.M) des écailles chez *Pomatomus saltatrix* du golfe de Gabès [Monthly variations of marginal lengthening (M.L) of *Pomatomus saltatrix* from the gulf of Gabes].

Tableau II  
Relation entre la taille du poisson et le rayon de l'écaille : LT = f (R) chez *Pomatomus saltatrix* du golfe de Gabès [Relationship TL = f (R) of *Pomatomus saltatrix* from the gulf of Gabes].



Tableau IV  
Paramètres de l'équation de croissance en longueur de Von Bertalanffy relatifs à *Pomatomus saltatrix* du golfe de Gabès [Parameters of growth length equation of Von Bertalanffy of *Pomatomus saltatrix* from the gulf of Gabes].

	LT <sub>∞</sub> (cm)	Sd	k	Sd	t <sub>0</sub>	Sd
Sexes combinés	47,7	2,34	0,1951	0,023	- 0,990	0,16
Mâles	48,7	3,03	0,1788	0,026	- 1,089	0,19
Femelles	47,8	2,93	0,2131	0,033	- 0,864	0,21

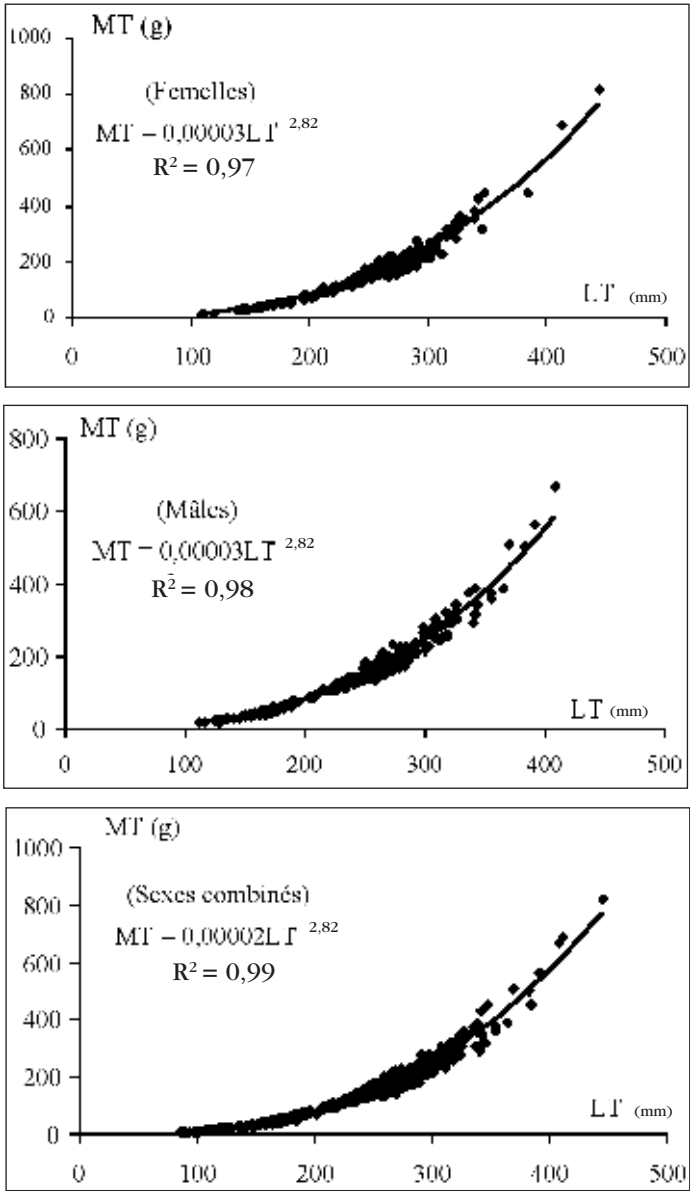
Tableau III  
Longueur totale LT (en mm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance et taux de croissance en longueur (Cr) chez *Pomatomus saltatrix* du golfe de Gabès [Total length TL (mm) at apparition of each ring's stopping growth and growth length rate (Cr) of *Pomatomus saltatrix* from the gulf of Gabes].

LT n	LT 1	LT 2	LT 3	LT 4	LT 5	LT 6	Effectif (Femelles)
Classe d'âge							
1	175,8						29
2	170,9	230,3					107
3	169,2	224,7	264,9				62
4	171	227,1	269,2	300,6			17
5	174,9	240,1	286,9	326,3	361,8		2
6	176,6	244,4	286,4	318,5	344,8	370,4	1
Moyenne	173,1	233,3	276,8	315,1	353,3	370,4	S = 218
Ecart type	3,06	8,54	11,45	13,14	12,01	0	
Cr (%)	29,64	17,08	12,94	11,42	4,72		

LT n	LT 1	LT 2	LT 3	LT 4	LT 5	LT 6	Effectif (Mâles)
Classe d'âge							
1	168,7						29
2	165,9	225,6					98
3	165,7	222,8	264,9				60
4	160,4	215,7	255,2	285,1			22
5	163,8	224,7	270	307,2	337,7		5
6	166,6	219,9	261,2	295,8	326,3	355,9	3
Moyenne	165,2	221,7	262,8	296,0	332,0	355,9	S = 217
Ecart type	2,82	4,05	6,22	11,06	8,05	0	
Cr (%)	29,23	16,96	11,89	11,46	6,96		

LT n	LT 1	LT 2	LT 3	LT 4	LT 5	LT 6	Effectif (Sexes com.)
Classe d'âge							
1	171,4						61
2	167,8	227,7					205
3	166,8	223,4	264,8				122
4	165,0	221,0	262,0	292,8			41
5	167,4	229,7	275,4	313,3	345,3		7
6	169,7	226,7	268,2	302,2	331,6	360,1	4
Moyenne	168	225,7	267,6	302,7	338,4	360,1	S = 440
Ecart type	2,25	3,46	5,76	10,24	9,69	0	
Cr (%)	29,29	17,00	12,32	11,13	6,21		

L'équation  $MT = aLT^b$ , traduisant la relation entre la longueur totale et la masse totale, montre que la masse évolue approximativement comme le cube de la longueur (Fig. 2).



Les équations de conversions des masses sont les suivantes  $M_{ev} = 0,93MT^{0,99}$  ( $r^2 = 0,99$  ;  $n = 292$ ) pour les femelles,  $M_{ev} = 0,91MT^1$  ( $r^2 = 0,99$  ;  $n = 289$ ) pour les mâles, et  $M_{ev} = 0,9MT^1$  ( $r^2 = 0,99$  ;  $n = 639$ ) pour tout l'échantillon (mâles + femelles + individus à sexe indéterminé). Les paramètres de la croissance pondérale en fonction du temps sont consignés dans le tableau V.

Sexes	$M_t = M_{\infty}(1-e^{K(t-t_0)})^b$	Effectif
Mâles	$MT_t = 964,14 [1-e^{-0,1788(t+1,089)}]^{2,81}$ $M_{ev_t} = 883,02 [1-e^{-0,1788(t+1,089)}]^{2,83}$	217
Femelles	$MT_t = 955,90 [1-e^{-0,2131(t+0,864)}]^{2,82}$ $M_{ev_t} = 854,34 [1-e^{-0,2131(t+0,864)}]^{2,82}$	218
Sexes combinés	$MT_t = 928,71 [1-e^{-0,1951(t+0,990)}]^{2,85}$ $M_{ev_t} = 873,66 [1-e^{-0,1951(t+0,990)}]^{2,88}$	440

Figure 2  
Relation entre la masse totale et la longueur totale chez *Pomatomus saltatrix* du golfe de Gabès [Weight-length relationship of *Pomatomus saltatrix* from the gulf of Gabes].

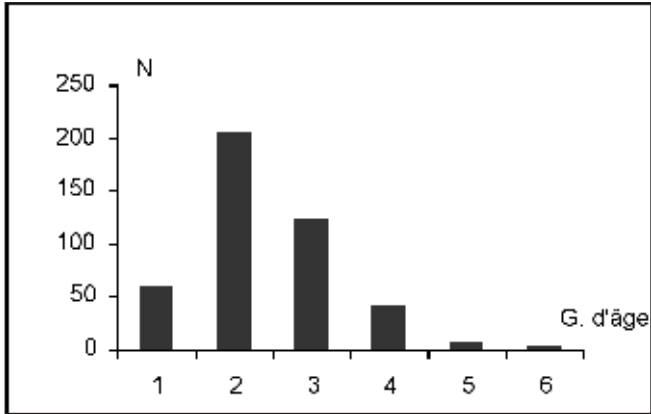
DISCUSSION

L'âge maximal théorique calculé de *Pomatomus saltatrix* du golfe de Gabès a été estimé à 15,7 ans chez les mâles et à 13,2 ans chez les femelles.

La population du serre dans le golfe de Gabès est composée de 6 groupes d'âge. Les 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> groupes sont les plus exploités par la pêche commerciale (Fig. 3). Les individus appartenant au 2ème groupe d'âge (LT = 22,6 cm) ont une longueur standard moyenne de 19,1 cm et ceux appartenant au 3ème groupe d'âge (LT = 26,8 cm) ont une longueur standard moyenne de 22,6 cm. Etant donnée la taille minimale de capture autorisée (Lst = 22 cm), seuls les individus âgés d'au moins 3 ans devraient légalement, être exploités. Un peu plus de vigilance est alors demandée pour préserver le stock.

Figure 3

Exploitation commerciale du serre *Pomatomus saltatrix* dans le golfe de Gabès. [Commercial exploitation of *Pomatomus saltatrix* from the gulf of Gabes].



L'analyse des variations mensuelles de l'allongement marginal des écailles montre que l'anneau d'arrêt de croissance se forme au mois de janvier (le mois le plus froid en Tunisie). L'arrêt de croissance est hivernal, induit semble t-il par le froid et les mauvaises conditions trophiques.

Les longueurs-âges estimées par le rétrocalcul sont très proches des valeurs prédites par le modèle de Von Bertalanffy, ce qui permettrait de dire que ce modèle s'applique bien à la croissance de *Pomatomus saltatrix* du golfe de Gabès. Toutefois, certains pêcheurs, dans cette région, ont observé quelques individus de serre de taille supérieure à la longueur totale maximale estimée par l'équation de Von Bertalanffy (> 50 cm) ; mais durant plus de trois ans d'échantillonnage, nous n'avons jamais observé un individu dépassant 44,5 cm. Il faut rappeler que les paramètres ( $L_{\infty}$ , k et  $t_0$ ) ne traduisent pas une réalité biologique, ils sont plutôt des paramètres mathématiques qui varient avec l'échantillonnage (Le Guen, 1971).

En outre, la comparaison de la croissance du serre du golfe de Gabès à celles d'autres secteurs (Tab. VI) montre que la population du serre du golfe de Gabès croît beaucoup moins en taille et en masse que celles vivant dans d'autres secteurs et même que la population vivant au nord du pays, dans le golfe de Tunis (Kedidi, 1975). D'ailleurs, les travaux de Bouaïn (1984) sur les Moronidés et les Serranidés, ceux de Ghorbel (1996) sur le pageot et ceux de Bradaï et al. (1998) sur les Sparidés ont montré, également, que ces poissons ont une croissance inférieure dans le golfe de Gabès que dans d'autres secteurs de la Méditerranée. La croissance modérée constatée chez *Pomatomus saltatrix* du golfe de Gabès pourrait s'expliquer en partie par la pauvreté du milieu en proies (Dhieb et al., 2001 a). Bradaï (2000) suggère que les faibles profondeurs et l'intensité de la pêche sont à l'origine de ce phénomène. Par ailleurs, les rejets urbains et industriels, rarement traités, déversés directement dans la plaine littorale ont entraîné, durant les vingt dernières années, une sérieuse détérioration de l'écosystème du golfe de Gabès (Hamza, 2003) qui peut avoir des effets négatifs sur la croissance.

Zone d'étude	Classe d'âge						Paramètres		Auteur
	1	2	3	4	5	6	K	L (mm)	
Mer Noire	212	322	409	562	615	663	0,150	1080	Kolarov (1963)
Afrique du Sud	165	279	369	437	480	-	0,196	840	Van der Elst (1976)
Brésil (Sud)	196	356	438	506	562	600	0,380	662	Krug et Haimovici (1989)
Mexique	308	413	509	576	627	675	0,180	944	Barger (1990)
Brésil (Sud)	214	351	451	506	554	615	0,260	754	Lucena et O'Brien (2001)
Golfe de Tunis	-	-	-	-	-	-	-	770 obs.	Kedidi (1975)
Golfe de Gabès	168	226	268	303	338	360	0,195	477	Présent travail

Les masses théoriques maximales des deux sexes sont très proches. Elles atteignent 964,1 g chez les mâles et 955,9 g chez les femelles. Les masses-aux-âges sont différentes puisqu'elles dépendent de la vitesse de croissance (k) dont la valeur est de 0,2131 chez les femelles et de 0,1788 chez les mâles. L'âge maximal théorique du mâle pourrait atteindre 15,7 ans, celui de la femelle n'atteindrait que 13,21 ans, ce qui laisse supposer que les femelles s'épuiseraient plus tôt que les mâles. D'autre part, il ressort que *Pomatomus saltatrix* du golfe de Gabès ne croît que d'environ 10 cm entre l'âge de 6,25 ans et son âge maximal alors que sa masse double.

REFERENCES

Barger L. E., 1990. Age and growth of the bluefish *Pomatomus saltatrix* from the northern Gulf of Mexico and U.S. South Atlantic coast. *Fish. Bull.*, **88** : 805-809.

Bouain A., 1984. *Moronidés et Serranidés (poissons téléostéens) du golfe de Gabès. Ecobiologie et halieutique*. Thèse Doct. d'Etat Es-sciences nat.. Fac. Sci.Tunis : 393 p.

Bradaï M. N., 2000. *Diversité du peuplement ichtyque et contribution à la connaissance des Sparidés du golfe de Gabès*.Thèse Doct. d'Etat Es-sciences nat.. Fac. Sci. Sfax (Tunisie) : 600 p.

Bradaï M. N., Ghorbel M., Jarboui O. & Bouain A., 1998. Croissance de trois espèces de Sparidés : *Diplodus puntazzo*, *Diplodus vulgaris* et *Spondylosoma cantbarus* du golfe de Gabès (Tunisie). *Cab. Options Méditer.*, **35** : 57-61.

Champagnat C., Fontana A., Caveriviere A., Conand C., Cury P., Durand J. R., Fonteneau A., Freon P. & Samba A., 1983. Pêche, Biologie et dynamique du tassergal (*Pomatomus saltatrix*, Linnaeus, 1766) sur les côtes sénégal-mauritaniennes. *Trav. Doc. Orstom. Paris- France- Inst. Fr. Rech. Sci. pour le développement en coopération*, (168) : 279 p.

Deniel C., 1984. Relation entre l'activité reproductrice et la croissance chez les poissons plats de la baie de Douardenez. *Cybium*, **8**(1) : 83 - 93.

Dhieb K., Ghorbel M. & Bouain A., 2001a. Régime alimentaire de *Pomatomus saltatrix* (Teleostei, Pomatomidae) dans le golfe de Gabès, Tunisie. *Rapp. Com. Int. Mer Médit.*, **36** (2) : 259-259.

Dhieb K., Ghorbel M., Bouain A. & Elabed A., 2001b. Reproduction du serre *Pomatomus saltatrix* (Teleostei, Pomatomidae) dans le golfe de Gabès. *Bulletin de l'INSTM N.S.*, (6) : 20-23.

Fischer W., Bauchot M. L. & Schneider M., 1987. Fiches F.A.O. d'identification des espèces pour les besoins de la pêche « Révision » Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. Volume II. Vertébrés. *Rome, F.A.O.*, (2) : 761-1530

Ghorbel M., 1996. *Le pageot commun* Pagellus erythrinus (Poisson, Sparidae). *Ecobiologie et état d'exploitation dans le golfe de Gabès*. Thèse. Doct. Spécialité. Fac. Sci. Sfax. (Tunisie) : 170 p.

Haimovici M. & Krug L. C., 1996. Life history of the enchova *Pomatomus saltatrix* do litoral sul do Brasil. *Mar. Freshwater Res.*, **47** : 357-363.

Hamza A., 2003. *Le statut du phytoplancton dans le golfe de Gabès*. Thèse Doct. Sci. Biol. Université de Sfax (Tunisie) : 298 p.

Kedidi M. S., 1975. *Contribution à l'étude morphologique et biologique de Pomatomus*

Tableau VI  
Longueurs-aux-âges déterminées par rétro-calcul et paramètres de croissance de *Pomatomus saltatrix* dans différents secteurs maritimes [Back- calculated lengths-at-ages and growth parameters of *Pomatomus saltatrix* in different maritime locations].



saltatrix (Lin. 1758) poisson téléostéen du golfe de Tunis. DEA. Fac. Sci.Tunis : 60 p

**Kolarov P., 1963.** Über das wachstum von *Pomatomus saltatrix* (Linn.) *Bull. Inst. Cent. Rech. Sci. Pisci. Pech. Varna*, (III) : 103-126.

**Krug L. C. & Haimovici M., 1989.** Crescimento da enchova Pomatomus saltatrix do sul do Brasil. *Atlântica*, **11** (1) : 47-61.

**Landau M., Danko M. J. & Slocum C., 1995.** The effect of the parasitic cymothoid isopod, *Lironeca ovalis* (Say, 1818) on growth of young-of-the-year bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766). *Crustaceana*, **68** (3) : 397-400.

**Le Guen J. C., 1971.** Dynamique des populations de *Pseudolithus (Fonticulus) elongatus* (Bowd. 1825). Poissons Scianidae. *Cab. O.R.S.T.O.M., Sér. Océanogr.*, **9** (1) : 3-84.

**Lucena F. M. & O'brien C. M., 2001.** Effects of gear selectivity and different calculation methods on estimating growth parameters of bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Pisces: Pomatomidae), from southern Brasil. *Fish. Bull.*, **99** : 432-442.

**Pikitch E. K. & Demory R. L., 1988.** Assesment of scales as a means of aging dover sole. Trans. *Amer. Fish. Soc.*, **117** : 345-349.

**Saul B. S., Conrad W. R. & Michael H. P., 1988.** Basic Fishery Science Programs : A Compendium of Microcomputer Programs and Manual of Operation. *Dev. Aquac. Fish. Sci.*, (18) : 85-125.

**Tesch F. W., 1971.** Age and growth. *In* : Fish Production in Fresh Waters. Black well Sci. Pub. Oxford. 2<sup>ème</sup> édition : 98-130

**Van Der Elst R.,1976.** Game fish of the east coast of Southern Africa. I.The biology of the elf *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus), in the coastal waters of Natal. South African. *Assoc. Mar. Biol. Res. Invest. Report.*, **44** : 1-59.

**Von Bertalanffy L., 1938.** A quantitative of organic growth (inquiries of growth laws). *Hum. Biol.*,**10** (2) : 81-213.

**Wilk S. J., 1977.** Biological and fisheries data on bluefish *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus). Tech. Ser. Rep. 11, Sandy Hook Lab., Northeast Fish. Science Cent., Natl. Mar. Fish. Serv., NOAA, Highlands, NJ, 56 p.

**Résumé**

La région de Tlemcen est située dans la partie Nord occidentale de l'Algérie. Elle se caractérise par un climat méditerranéen. La dégradation du milieu, suite à l'aridité du climat, donne un paysage floristique marqué par la présence des xérophytes tels le Diss (*Ampelodesma mauritanicum*), le Doum (*Chamaerops humilis*) et le Genêt (*Calycotome spinosa*). Ce dernier s'adapte aux conditions xériques du milieu par diverses modifications morphologiques et écologiques. Nous nous sommes proposés d'étudier la bioécologie de la faune associée à cette plante épineuse. Un inventaire faunistique est réalisé dans les communes de Mansourah et Tlemcen où 3 stations sont prospectées. Les échantillonnages sont effectués de novembre 2001 à août 2002, répartis en 20 prélèvements. La richesse spécifique faunistique est estimée à 163. Les Invertébrés regroupent 131 espèces d'Arthropodes dont 115 espèces d'Insectes, 9 espèces d'Arachnides, 4 espèces de Myriapodes et 3 espèces de Crustacés. Nous comptons 21 espèces malacologiques et une seule espèce d'Annélides. Pour ce qui est des Vertébrés, seulement 10 espèces sont recensées. L'importance relative des différents groupes faunistiques récoltés sur le Genêt dans les 3 stations est discutée. L'analyse en composantes principales démontre la présence de 2 axes. La signification écologique de ces axes est liée aux conditions morphologiques de la plante et aux facteurs écologiques (température, humidité) du milieu.

**Mots-clés :**  
Genêt – Faune – Inventaire – Etude bioécologique – A.C.P. – Région de Tlemcen – Algérie.

**Abstract**  
**Contribution to the bioecological study of broom (*Calycotome spinosa* L. (Link)) from Tlemcen country (Algeria) fauna**

MATERIELS ET METHODES

Figure 1  
Situation géographique des trois stations étudiées.

Contribution à l'étude bioécologique de la faune du genêt (*Calycotome spinosa* L. (Link)) dans la région de Tlemcen (Algérie)

DAMERDJI A. et DJEDID A.  
Département de Biologie  
Faculté des Sciences  
Université Aboubekr Belkaid,  
Tlemcen, Algérie

Le matorral est défini comme étant un écosystème caractérisé par une dégradation plus ou moins marquée de la végétation. Cette dégradation est due le plus souvent à l'action des conditions climatiques d'une part et à l'intervention de l'Homme et de son bétail d'autre part. Ces facteurs contribuent à l'installation et au développement d'une végétation originale.

Les espèces végétales dominantes du matorral étudié sont : *Calycotome spinosa* (Genêt), *Chamaerops humilis* (Doum), *Ampelodesma mauritanicum* (Diss) et *Thymus ciliatus*.

Cette étude est réalisée dans le but de mettre en évidence la structure de la communauté des espèces animales associées au *Calycotome spinosa*.

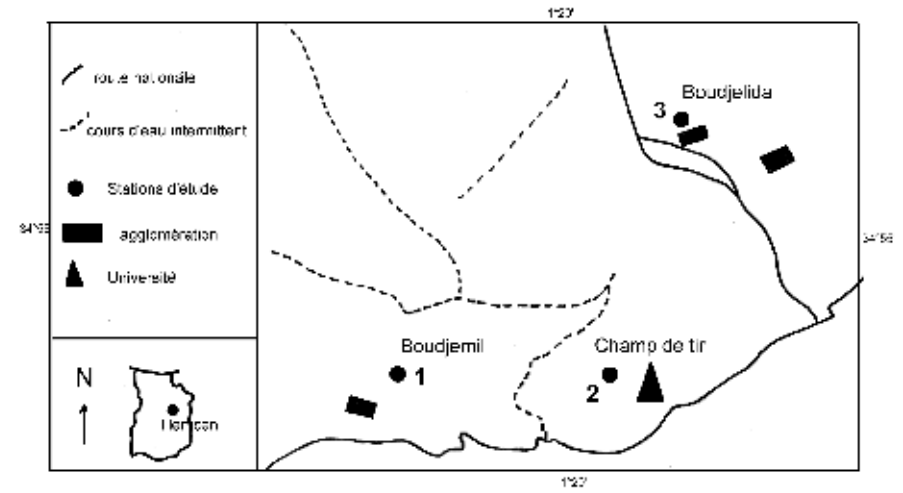
Très peu de travaux ont été effectués sur la faune de ce Genêt. La grande majorité des travaux qui le concerne sont d'ordre pharmaceutique et cosmétologique (Anonis, 1991).

Notre but est de dresser une liste aussi complète que possible des espèces animales liées au *Calycotome spinosa* et de commenter la structure de ce peuplement.

Nous essayons d'interpréter l'A.C.P. qui reste liée principalement aux facteurs écologiques.

1 – Plante – hôte : *Calycotome spinosa* L. (Link)

*Calycotome spinosa* L. (Link), Genêt ou Guendoul en arabe, est une Légumineuses de la famille des Papilionacées. Présent sous forme d'un arbuste épineux pouvant atteindre 1 à 2 m de hauteur dans notre région, il préfère les matorrals siliceux. Les rameaux sont fortement imbriqués, ce qui rend parfois les matorrals occupés par cette espèce difficilement pénétrables. La plante est fortement inflammable et contribue à la propagation des incendies. Sa racine porte souvent des nodosités renfermant des bactéries permettant la fixation de l'azote atmosphérique.



2 – sur le terrain

Trois stations (figure 1, Tableau I) ont été suivies dans la région de Tlemcen. (Figure 2). Cette région, caractérisée par une mauvaise répartition des précipitations et des températures estivales élevées se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver tempéré. Des transects végétaux sont effectués dans chacune des stations en donnant le pourcentage de recouvrement de cette plante. Nous avons effectué un total de 20 prélèvements sur les 4 saisons de novembre 2001 à août 2002. Outre la récolte à vue, différentes techniques de prélèvement, adaptées aux différentes strates, ont été réalisées pour recueillir le maximum d'espèces animales. Les pots-pièges servent à la capture des espèces terricoles telles que Araignées, Coléoptères et Myriapodes. Des pièges jaunes (couleur attractive pour la majorité des insectes Hyménoptères et Hémiptères) ont été utilisés pour la faune aérienne.

Stations étudiées	Pente (%)	Altitude (m)	T. R. (%)
Station n° 1 (Boudjemil)	45 - 50	888 m	40 - 50
Station n° 2 (Champ de tir)	15 - 20	747 m	20 - 30
Station n° 3 (Oudjlida)	12	625 m	30 - 40

3 – Au laboratoire

Les espèces capturées sont ramenées dans des flacons de chasse au laboratoire où elles sont tuées au cyanure, à l'acétate d'éthyle ou au tétrachlorure de carbone. Pour ce qui est des Gastéropodes, la détermination a été faite à partir des caractères conchyliologiques par nos soins. En ce qui concerne les différents groupes faunistiques divers document sont consultés : pour les Arachnides (Grassé, Poisson et Tuzet, 1970); pour les Myriapodes (Gedit, 1984); pour les Insectes (Anonyme, 1976); (Balaschowsky, 1962); (Chinery, 1983); (Mathys, 1988); (Moucha, 1972); (Paul, 1953); (Perrier, 1927, 1929, 1930, 1932, 1934, 1935 et 1939); (Pihan, 1977 et 1986); (Reicholf-Richm, 1984); (Rougeot et Viette, 1978); (Stanek, 1973); (Zahradnik, 1984) et pour les Vertébrés: Reptiles et Oiseaux (Heinzel, Fitter et Parslow, 1985), (Vallardi, 1962) et (Zimmer, 1989).

4 – Analyse des composantes principales (A.C.P.)

L'analyse des composantes principales A.C.P. est une méthode statistique essentiellement descriptive. Son objectif est de présenter sous forme graphique le maximum d'informations contenues dans un tableau de données (Dervin, 1992; Tommasson, 1975). L'analyse en composantes principales permet d'obtenir un résumé descriptif sous forme graphique le plus souvent d'un ensemble de (n) observations effectuées sur (p) variables numériques continues (Lebart, Morineau et Fenelon, 1979) et (Phillipeau, 1985). Les espèces sont considérées comme des variables du milieu. Un tableau représentant (milieu + espèces) permet d'analyser ainsi les relations d'espèces milieu (stations) sur la forme de liaison entre modalité (Dorst, 1984). Ce même tableau doit être constitué en ligne par des unités (parcelles, animaux etc...) sur lesquelles sont mesurées diverses variables quantitatives (rendements, genres de poids, notes etc...) (Cehessat, 1986).

Tableau I  
Données abiotiques et biotiques des différentes stations prospectées.  
T. R. : taux de recouvrement

RESULTATS ET DISCUSSION

1 - Importance des espèces faunistiques recensées sur le Calycotome

L'inventaire faunistique relevé dans le matorral à *Calycotome spinosa* révèle une biocénose banale, ce qui correspond bien à l'individualité réduite de cet écosystème semi-ouvert à large dispersion territoriale. L'intérêt biologique de ce milieu est de rassembler une biocénose importante, source précieuse de biomasse largement utilisée dans la chaîne de nourriture.

Nous avons rencontré, lors de nos sorties qui s'étalent de novembre 2001 à août 2002 dans les 3 stations prospectées, 163 espèces animales regroupées en 10 classes: Gastéropodes, Annélides, Arachnides, Crustacés, Myriapodes, Insectes, Amphibiens, Reptiles, Oiseaux et Mammifères (Tableau II).

			Les différents groupes récoltés	Nombre d'espèces
I n v e r t é b r é s			Gastéropodes	21
			Annélides	01
	A r t h r o p o d e s		Arachnides	09
			Crustacés	03
			Myriapodes	04
		I n s e c t e s	Collemboles	02
			Thysanoures	01
			Coléoptères	34
			Hyménoptères	22
			Lépidoptères	20
			Hémiptères	11
			Diptères	11
			Orthoptères	11
			Dermaptères	01
Névroptères	01			
Phasmidoptères	01			
Vertébrés			Reptiles	03
			Amphibiens	01
			Oiseaux	03
			Mammifères	03
Total				163

Tableau II  
Valeurs de la richesse spécifique des différents groupes faunistiques.



L'inventaire détaillé des espèces faunistiques est listé en annexe I, les relevés par espèces et l'importance des populations sont présentés en annexe II. Pour comparaison, 136 espèces ont été recensées sur *Chamaerops humilis* (Droum) (Damerdji et Bouhellou, 2002; Damerdji et Bouhelou, 2004) et 112, dont 88 espèces d'insectes sur *Ampelodesma mauritanicum* (Diss) (Damerdji et Adjlani, 1999, Damerdji et Adjlani, 2004). Dans l'étude biocénétique effectuée sur *Romarinus officinalis* (Ladimi, 1999; Damerdji et Ladimi, 2003), 218 espèces animales sont rencontrées avec 188 espèces d'Arthropodes; l'entomofaune occupe la première position avec 176 espèces. L'étude réalisée sur *Thymus ciliatus* (Kassemi N., 2001) a permis de recenser 163 espèces animales avec 138 espèces d'Arthropodes, dont 119 espèces d'insectes.

2 – Importance relative des différents groupes faunistiques récoltés sur le Genêt dans les 3 stations.

Le tableau III et les figures 2a et 2b mettent en évidence la présence des différents groupes dans les 3 stations, avec les effectifs et les pourcentages. Deux groupes présentent une richesse importante dans les 3 stations tant en nombre d'individus (plus de 400) qu'en pourcentage (supérieur à 29 %). Ce sont les Gastéropodes, prolifiques et relativement bien protégés dans leur environnement par leur test, et les Hyménoptères, susceptibles d'établir de fortes colonies dans les milieux ouverts et semi-ouverts.

Tableau III  
Importance relative des différents groupes faunistiques récoltés dans les 3 stations sur le Genêt.

			Stations	Station S1		Station S2		Station S3			
			Groupes entomofauniques	N <sub>i</sub>	%	N <sub>i</sub>	%	N <sub>i</sub>	%		
Invertebrés	Arthropodes		Gastéropodes	469	31,39	460	36,27	434	26,39		
			Annélides	7	0,46	0	0	3	0,18		
				Arachnides	38	2,54	25	1,97	27	1,64	
				Crustacés	14	0,93	0	0	70	4,25	
				Myriapodes	73	4,88	54	4,25	64	3,85	
					Collemboles	05	0,33	0	0	0	0
					Thysanoures	01	0,06	0	0	0	0
					Coléoptères	76	5,08	50	3,94	75	4,25
					Hyménoptères	480	32,12	479	37,77	634	38,56
					Lépidoptères	75	5,02	47	3,70	57	3,46
	Hémiptères	64	4,28		19	1,49	68	4,13			
	Diptères	103	6,89		89	7,01	116	7,05			
	Orthoptères	20	1,33	14	1,10	23	1,39				
	Dermaptères	22	1,47	14	1,10	24	1,45				
	Névroptères	0	0	0	0	1	0,06				
	Phasmidoptères	0	0	0	0	1	0,06				
			Reptiles	0	0	0	0	6	0,36		
			Amphibiens	0	0	0	0	8	0,48		
			Oiseaux	6	0,40	2	0,15	10	0,60		
			Mammifères	41	2,74	15	1,18	23	1,39		

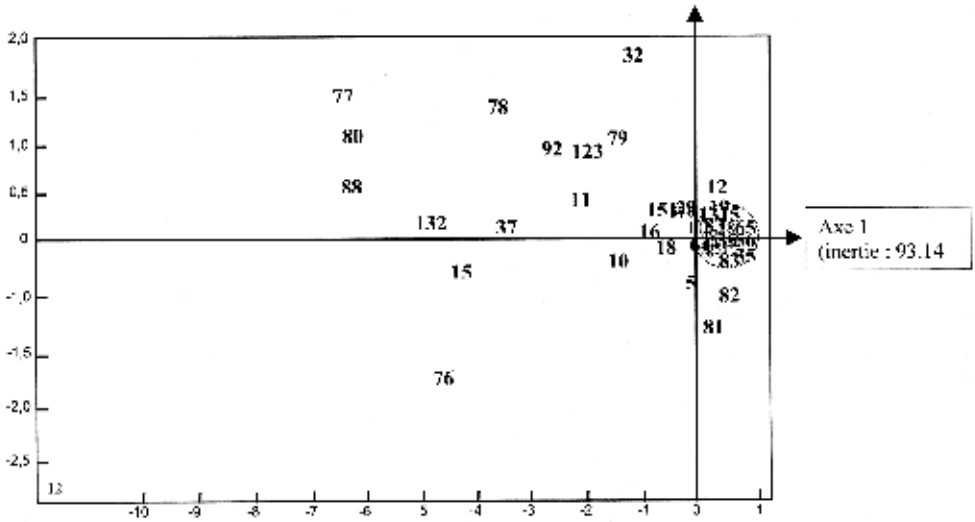


Figure 2a  
Présentation graphique des groupements faunistiques selon l'axe 1.

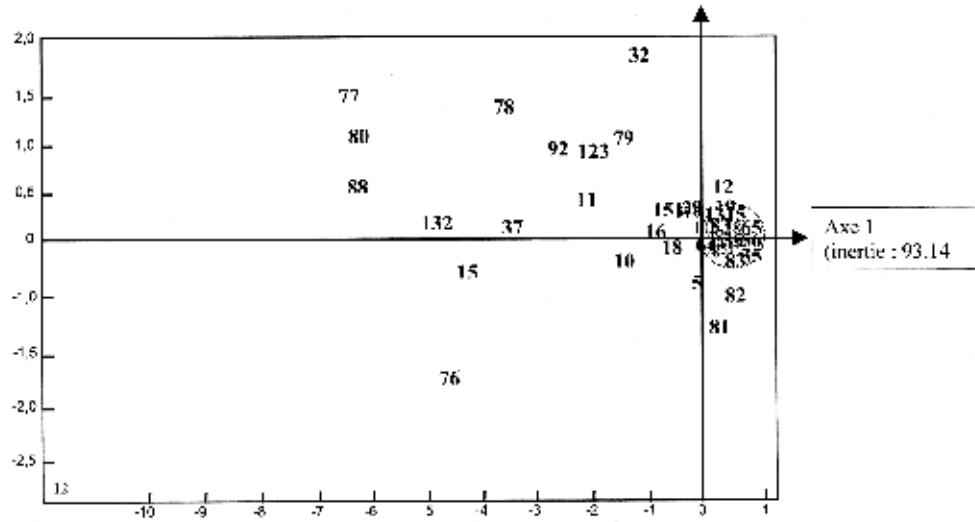


Figure 2b  
Présentation graphique des groupements faunistiques selon l'axe 2.

Le plus faible taux de recouvrement par la végétation (tableau I) pourrait expliquer l'absence des Annélides de la station 2 et leur faible nombre dans la station 3, à couverture végétale plus réduite. Les aptérygotes, névroptères et phasmes ont une faible richesse spécifique et n'abondent pas dans les biotopes xériques. Relevons la richesse très modeste des aranéides et des coléoptères, groupes généralement dominants dans les peuplements d'arthropodes en région tempérée. En se basant sur les valeurs numériques en nombre d'individus, la station 1 montre la plus forte concentration dans 11 groupes zoologiques sur 20; les stations 2 et 3 sont sensiblement plus voisines quant aux nombres d'individus hébergés et aux pourcentages qui en découlent. Il apparaît que la biomasse végétale influence la biodiversité et la richesse du peuplement tout au moins dans le cas d'une couverture végétale de *Calycotome spinosa* dans le type de région étudiée.

3 – Analyse des composantes principales (A.C.P.)

Après avoir réuni les espèces capturées dans le tableau de données (voir annexes) et après projection en individus sous forme de dispersion dans les différents plans considérés, la représentation graphique des groupements faunistiques permet vérifier les grandes caractéristiques du peuplement (Figures 2a et 2b) par le biais de l'importance des populations (Tableau IV). Les axes 1 et 2 sont suffisants pour cette analyse, la signification écologique des axes factoriels est faite pour chacun de ces axes.

### Axe 1 (inertie 93,14 %) (figure 2a)

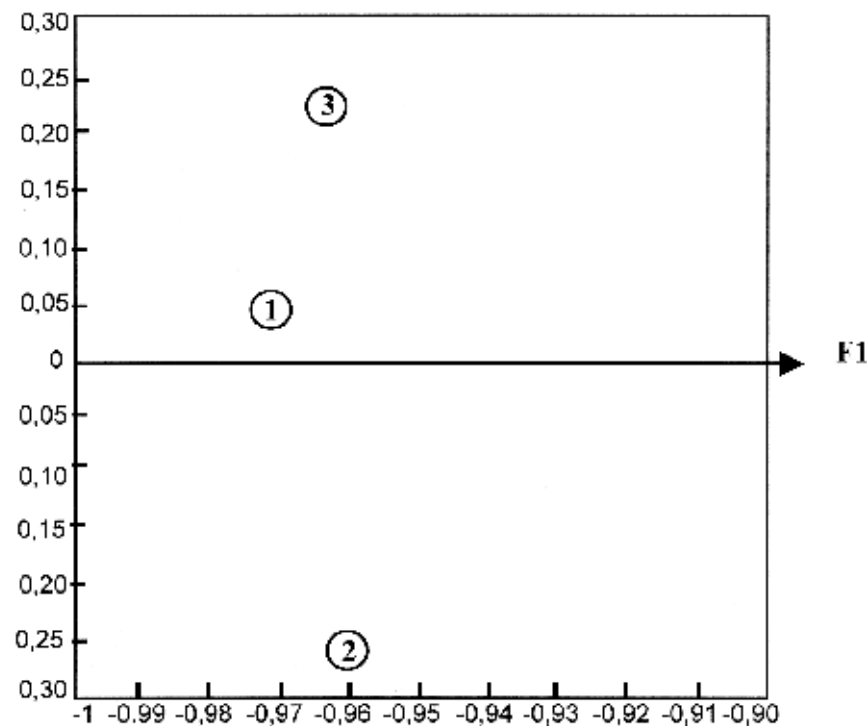
Les espèces communes aux trois stations, majoritaires, forment un noyau et le plus grand nombre d'individus recensés se trouve dans la station 1.

Le pourcentage très élevé de l'information apportée par cet axe montre la large prédominance d'un facteur que nous pouvons attribuer à la température. Ce facteur peut intervenir par effet de l'ensoleillement. L'élément déterminant de cette information est la présence marquée d'une importante population d'*Euparypha pisana* (Helicidae, Gasteropoda, espèce n° 12). Ce gastéropode est en effet très favorisé dans ce milieu par la morphologie du genêt, plante épineuse qui va assurer la fixation de cette espèce xérophile.

Un phénomène éco-éthologique spectaculaire a été constaté : des centaines d'individus de l'espèce *Euparypha pisana* forment en se groupant sur diverses plantes des « réunions en hauteur », véritables « grappes » assemblant, entre 0,30 m et 1,5 m, de 15 à 1500 sujets (Bigot, 1967). Les espèces épineuses comme le *Calycotome spinosa* sont très souvent porteuses de telles grappes. En effet, les aspérités de la plante, et d'une manière générale sa morphologie facilitent la fabrication des épiphragmes pour pouvoir subsister aux conditions extrêmes.

La figure 5 indique les stations par rapport à l'axe 1. Les stations n° 2 (Champ de tir) et n° 3 (Oudjelida) sont opposées dans le sens vertical. La station n° 1 (Boudjemil) (avec le plus fort taux de recouvrement) reste intermédiaire entre les deux. Aussi, nous notons que la station n° 2 se trouve dans la partie négative (avec un faible taux de recouvrement).

Figure 3  
A.C.P. Axes 1-2  
(stations).



### Selon l'axe 2 (inertie 4,02 %) (figure 2b).

Le faible taux d'inertie montre l'impact limité des facteurs environnementaux autres que la température dans le milieu d'étude.

Les éléments caractéristiques sont *Oniscus* sp. (Crustacées, espèce 32), *Monomorium salomonis* (Formicidae, espèce 76) et *Chrysomela americana* (Coléoptères, espèce 47). D'après nos propres observations et celles Ladjmi, 1999, ces espèces sont liées à des condition de milieu relativement humides. L'humidité serait donc exprimée par l'axe 2, ce qui serait en concordance avec le mésoclimat local.

Il est à noter que l'impact humain (pâturage) n'est pas relevé de façon significative par l'ACP.

## CONCLUSION

L'étude faunistique menée de novembre 2001 à août 2002 sur la plante xérophile épineuse qu'est *Calycotome spinosa* nous a permis d'effectuer un inventaire dans 3 stations prospectées dans la région de Tlemcen.

Il ressort que la richesse spécifique est égale à 163. Les Arthropodes restent les plus nombreux avec 131 espèces. L'entomofaune occupe la 1<sup>re</sup> position avec 115 espèces. La richesse malacologique s'élève à 21, celle des Annélides décroît (une seule espèce). Les Vertébrés (Reptiles, Amphibiens, Oiseaux, Mammifères) sont représentés par 10 espèces.

De nombreuses espèces sont communes aux trois stations. Les conditions stationnelles du point de vue facteurs abiotiques peuvent être considérés dans cette analyse et par conséquent la signification écologique des axes factoriels est liée à certains facteurs limitant tel que : la température l'humidité et le gradient d'ensoleillement.

## RESULTATS ET DISCUSSION

AnonisD.P., 1991 - The extraction chemical composition and fragrance application of broom flower oil (Genêt absolute). *Perfumer and flavorist pharmaceutical technology*, pp.55-57.

Anonyme, 1976 - Encyclopédie. Le monde de la nature. L'univers en couleurs. pp.100-109.

Balachowsky, 1962 - *Entomologie appliquée à l'agriculture*. Tome 1, Coléoptères. Masson et Cie. pp. 146-229.

Bigot L., 1967 - Recherche sur les groupements de Gastéropodes terrestres : la constitution de "grappes". *Vie et milieu*, 18, (c) : 1-27.

Chinery M., 1983 - *Les Insectes d'Europe*. Bordas Ed. 380p.

Cehessat R., 1986 - *Exercices commentés des statistiques et informatiques*. pp. 283 - 306.

Damerdji A. et Adjlani M., 1999 - Contribution à l'étude biocénotique d'une plante xérophile : le Diss, en milieu semi-aride (région de Tlemcen). *Comm. Orale. Inst. Sciences de la Nature*. U.S.T.H.B - les 24 - 25 Novembre 1999.

Damerdji A. et Adjlani M., 2004. Contribution à l'étude bioécologique de la formation à *Ampelodesma mauritanicum* Poiret, Durd et Schintz 1885 (Diss) dans la région de Tlemcen (Algérie). *Bull. Mus. Hist. Nat de Marseille*, 60-2002, 53-60.

Damerdji A. et Bouhelou B., 2002 - Faune associée au Doum (*Chamaerops humilis*) dans la région de Tlemcen (Algérie) : Approche biocénotique. *Comm. affichée. 1<sup>er</sup> Séminaire International Biologie et Environnement*. 20 - 22 octobre 2002, Constantine.

Damerdji A. et Bouhelou B., 2004. Entomofaune de la garrigue à *Chamaerops humilis* L. (Doum) (Palmales) dans la région de Tlemcen (Algérie) : inventaire et aperçu biologique. *Bull. Mus. Hist. Nat de Marseille*, 60-2002, 37-56.

Damerdji A. et Djedid A., 2003 - La faune du Genêt (*Calycotome spinosa* Lamk.) dans la région de Tlemcen : Inventaire - Distribution spatio-temporelle des principaux groupes. *Comm. affichée. 1<sup>res</sup> Journées sur la Protection de l'Environnement*. Université Aboubekr BELKAID - Tlemcen. 28 et 29 mai 2003.

Damerdji A. et Djedid A., 2004 - La biocénose de la faune du Genêt (*Calycotome spinosa*) dans la région de Tlemcen (Algérie). *Comm. orale. 2<sup>e</sup> Journée de Protection des végétaux*. Inst. National Agronomique. Alger. le 15 mars 2004.

Damerdji A. et Ladjmi L., 2003 - Contribution à l'étude biocénotique du Romarin dans la région de Tlemcen (Algérie). *Comm. orale. 1<sup>res</sup> Journées sur la Protection de l'Environnement*. Université Aboubekr BELKAID - Tlemcen. 28 et 29 mai 2003.

Djedid A., 2003 - Contribution à l'étude bioécologique de la faune de *Calycotome spinosa* Lamk. (Genêt) (Papilionacées) dans la région de Tlemcen. Thèse Ing. Ecologie et Environnement. Université Aboubekr BELKAID - 138p.

Dorst J., 1984 - Ecologie générale. Description de milieu et analyse de composantes principales. *CR. Acad. Sc. Paris*, III, 11 : 309 - 314.

Gedit M., 1984 - *Encyclopédie du Monde animal. Protozoaires aux Myriapodes*. R. Both Ed. : 359 - 363.



Grassé P.P., Poisson R. et Tuzet O., 1970 – *Zoologie*. Masson Ed., Paris : 155 – 170.

Heinzel H., Fitter R. et Parslow J., 1985. *Oiseaux d'Europe, d'Afrique du nord et du Moyen-Orient*. Delachaux et Niestlé Ed. : 13 – 311.

Kassemmin., 2001. *Contribution à l'étude bioécologique de la faune de Thymus ciliatus Desf. (Thym) (Labiées) dans la région de Tlemcen*.Thèse Ing. Ecologie et Environnement. I.S.N. Université Aboubekr Belkaid – Tlemcen. 120 p.

Khelil M.A., 1989. Contribution à l'inventaire des Arthropodes de la biocénose de l'Alfa (*Stipa tenacissima* L., Graminées) dans la région de Tlemcen (Algérie). *La défense des végétaux*, n° 257 : 19-24.

Ladjimi L., 1999. *Contribution à l'étude bioécologique de la faune de Rosmarinus officinalis L. (Romarin) (Labiées) dans la région de Tlemcen*.Thèse Ing. écol., Inst. Sci. Nat., Univ.Aboubekr Belkaid,Tlemcen, 108 p.

Lebart L., Morineau A., Fenelon J.-P., 1979. *Traitement des données statistiques. Méthodes et programmes*. Bordas Ed., Paris : 274 – 327.

Mathys G., 1988. Principaux ennemies des cultures du Sahel. *Organisation météorologique mondiale*. Niger. p. 113.

Moucha J., 1972.*Les papillons du jour*. Gérard et Cie Ed. : 115-186.

Paul L., 1953. *Encyclopédie biologique*. Doin Ed, Paris : 70 p.

Perrier R., 1927. Hyménoptères. *In* La Faune de la France. Delagrave Ed., Paris,Tome vii. 211 p.

Perrier R., 1929.Arachnides et Crustacés. *In* La Faune de la France, Delagrave Ed., Paris, 220 p.

Perrier R., 1930. Mollusques. *In* La Faune de la France, Delagrave Ed., Paris, 200 p.

Perrier R., 1932. Coléoptères. *In* La Faune de la France, Delagrave Ed., Paris,Tome vi : 229 p.

Perrier R., 1934. Myriapodes, Insectes inférieurs (Ephéméroptères – Orthoptères – Névroptères). *In* La Faune de la France, Delagrave Ed., Paris, pp 41-127-578.

Perrier R., 1935. Hémiptères - Lépidoptères. Tome iv. *In* La Faune de la France, Delagrave Ed., Paris : pp1-66 et 135-221.

Perrier R., 1939. Vers et Némathelminthes. *In* La Faune de la France, Delagrave Ed., Paris: 30 p.

Phillipeau G., 1985.*Tbéories des plans d'expériences.Application à l'agronomie*. Services des études statistiques. I.T.F.C.

Pihan J.-C., 1977. *Je reconnais les Insectes*. France, tome I et II: 427 et 156 p.

Pihan J.-C., 1986. *Les Insectes*. Collection verte. Masson Ed., Paris : 154 p.

Reichholf – Riehm H., 1984.*Les insectes*. Solar Ed., Paris : 288 p.

Rougeot P. C. et Viette P., 1978. *Guide des papillons nocturnes d'Europe et d'Afrique du Nord*. Delachaux et Niestlé Ed., Neuchâtel – Paris : 288 p.

Stanek V.J., 1973. *Encyclopédie illustrée des Insectes*.Trad. Française by Gründ, Paris : 548p.

Tomasson

Vallardi E.P., 1962 – *Encyclopédie du monde animal*. Tome II : 159-463.

Zahradnik, 1984 – *Guide des Insectes*. Hâtier Ed., France : 314p.

Zimmer E., 1989 – *Guide de la faune*. Traduction et adaptation Denis Armand,Arthaud Ed.- : 218-282.

<b>Gastéropodes</b>	<i>Bembix rostrata</i>	<i>Tenebrionidae</i>
<i>Milacidae</i>	<i>Chrysididae</i>	<i>Belopus elongatus</i>
<i>Milax nigricans</i>	<i>Chrysis ignita</i>	<i>Blaps</i> sp.
<i>Spbincterochilidae</i>	Autres familles	<i>Curculionidae</i>
<i>Spbincterochila candidissima</i>	2 Espèces non déterminées	<i>Liparus glabrirostris</i>
<b>Helicidae</b>	<b>Lépidoptères</b>	<i>Coccinellidae</i>
<i>Helix aspersa</i>	<i>Noctuidae</i>	<i>Coccinella algerica</i>
<i>Macularia hieroglyphicula</i>	<i>Autographa gamma</i>	<i>Cantbaridae</i>
<i>Macularia jourdaniana</i>	3 Espèces non déterminées	<i>Tricbodes apiarus</i>
<i>Archbelix punctata</i>	<i>Pieridae</i>	<i>Buprestidae</i>
<i>Archbelix lactea</i>	<i>Pieris rapae</i>	1 Espèce non déterminée
<i>Archbelix juilleti</i>	<i>Pieris brassicae</i>	<i>Pyrrhocoidae</i>
<i>Archbelix zapbarina</i>	<i>Antibocharis cardamines</i>	<i>Pyrrhocorus apterus</i>
<i>Archbelix polita punctatiana</i>	<i>Colias hyale</i>	<i>Miridae</i>
<i>Eobania vermiculata</i>	<i>Nymphalidae</i>	1 Espèce non déterminée
<i>Euparypba pisana</i>	<i>Vanessa atalanta</i>	<i>Pentatomidae</i>
<i>Alabastrina soluta</i>	<i>Cyntbia cardui</i>	<i>Aelia acuminata</i>
<i>Alabastrina alabastrites</i>	<i>Clossiana selene</i>	Autres familles
<i>Helicella virgata</i> <i>Helicella pyramidata</i>	<i>Satyridae</i>	3 Espèces non déterminées
<i>Helicella lauta</i>	<i>Pararge aegeria aegeria</i>	<b>Diptères</b>
<i>Helicella acompsia</i>	<i>Pyronia titbonus</i>	<i>Callipboridae</i>
<i>Helicella terveri</i>	<i>Lycaenidae</i>	<i>Callipbora vomitaria</i>
<i>Cochlicella acuta</i>	<i>Aricia agestis</i>	<i>Pollenis rudis</i>
<i>Subulinidae</i>	<i>Polymmalus icarus</i>	<i>Lucilia caesar</i>
<i>Rumina decollata</i>	<i>Geometridae</i>	<i>Tachinidae</i>
<b>Annelides</b>	<i>Pseudopantbera macularia</i>	<i>Phryxe vulgaris</i>
<i>Lumbricidae</i>	<i>Papilionidae</i>	<i>Salmacia divisa</i>
<i>Lumbricus terrestris</i>	<i>Papilio machaon</i>	<i>Syrpbidae</i>
<b>Arachnides</b>	Autres familles	<i>Fristalis tenax</i>
<i>Scorpionides</i>	2 Espèces non déterminées	<i>Muscidae</i>
<i>Buthus occitanus</i>	(1chenille) déterminée	<i>Musca domestica</i>
Araignées	<b>Hémiptères</b>	Autres familles
<i>Eremobates</i> sp.	<i>Scutelleridae</i>	4 Espèces non déterminées
<i>Tegenaria ferruginea</i>	<i>Eurygaster testudinaria</i>	<b>Orthoptères</b>
<i>Tegenaria atrica</i>	2 Espèces non déterminées	<i>Pamphbagidae</i>
<i>Pisaura listera</i>	<i>Lygaeidae</i>	<i>Ocnertidia volxemi</i>
3 Espèces non déterminées	<i>Lygaeus saxatilis</i>	<i>Acrididae</i>
<i>Pbalangides</i>	<i>Lygaeus militaris</i>	<i>Calliptamus barbarus</i>
<i>Pbalangium opilio</i>	<i>Litbophilus forficatus</i>	<i>Pezotettix giournai</i>
<b>Crustacés</b>	Diplopo <span></span> des	<i>Oedipoda miniata</i>
Isopodes	<i>Polydesmus collaris</i>	<i>Oedipoda coerulescens sulfurescens</i>
<i>Oniscus</i> sp.	1 Espèce non déterminée	<i>Oedipoda fuscocincta</i>
2 Espèces non déterminées	<b>Insectes</b>	<i>Thalpomena algeriana</i>
<b>Myriapodes</b>	<b>Collemboles</b>	<i>Spbingonotus lucasii</i>
Chilopodes	2 espèces non déterminées	<i>Acrotylus insubricus</i>
<i>Scutigera coleoptrata</i>	<b>Thysanoures</b>	<i>Acrotylus patruelis</i>
<i>Elateridae</i>	<i>Lepisma saccharina</i>	<i>Gryllidae</i>
1 Espèce non déterminée	<b>Coléoptères</b>	<i>Nemobius sylvestris</i>
<i>Cerambycidae</i>	<i>Chrysomelidae</i>	<b>Dermaptères</b>
1 Espèce non déterminée	<i>Timarcha</i> sp.	<i>Forficulidae</i>
Autres familles	<i>Melasoma aena</i>	<i>Forficula auricularia</i>
3 Espèces non déterminées	<i>Adoxus obscurus</i>	<b>Nevroptères</b>
<b>Hyménoptères</b>	<i>Cryptocephalus elegantulus</i>	<i>Bittacidae</i>
<i>Formicidae</i>	<i>Clytra quadrapunctata</i>	<i>Bittacus italicus</i>
<i>Messor barbara</i>	<i>Clytra</i> sp.	<b>Phasmidoptères</b>
<i>Monomorium salomonis</i>	<i>Cbrysomela americana</i>	<i>Bacteriidae</i>
<i>Cataglyphbis bicolor</i>	<i>Cbrysomela</i> sp.	<i>Bacillus rossii</i>
<i>Componotus</i> sp.	2 Espèces non déterminées	<b>Amphibiens</b>
<i>Lasius niger</i>	<i>Carabidae</i>	<i>Ranidae</i>
<i>Formica rufa</i>	<i>Broschus politus</i>	<i>Rana esculenta</i>
<i>Pbeidole</i> sp.	<i>Campalida maderae</i>	<b>Reptiles</b>
1 Espèce non déterminée	<i>Nebria andalusia</i>	<i>Testudo graeca</i>
<i>Bombicidae</i>	<i>Calatbus melanocephalus</i>	<i>Lacertidae</i>
<i>Bombus terrestris</i>	<i>Scarabeidae</i>	<i>Lacerta</i> sp.
<i>Bombus</i> sp <sub>1</sub>	<i>Scarabeus sacer</i>	<i>Lacerta vivipara</i>
<i>Bombus</i> sp <sub>2</sub>	<i>Cetonia aurata</i>	<b>Oiseaux</b>
<i>Bombus</i> sp <sub>3</sub>	Espèce non déterminée	<i>Passer domestica</i>
<i>Apoïdae</i>	<i>Meloidae</i>	Espèce non déterminée
<i>Apis mellifera</i>	<i>Meloë majalis</i>	<i>Strix aluco</i>
<i>Spbecodes gibbus</i>	<i>Meloë</i> sp.	<b>Mammifères</b>
2 Espèces non déterminées	<i>Mylabris</i> sp.	<i>Ovis</i> sp.
<i>Vespidae</i>	<i>Brachyceridae</i>	<i>Bovis</i> sp.
<i>Polistes gallicus</i>	<i>Brachycerus</i> sp <sub>1</sub>	<i>Capra</i> sp.
<i>Vespula germanica</i>	<i>Brachycerus</i> sp <sub>2</sub>	
<i>Spbecidae</i>	<i>Brachycerus</i> sp <sub>3</sub>	

*Annexe 1*  
Liste des espèces faunistiques recensées sur le Calycotome.

[illegible]

## Annexe 2

Le nombre d'individus par station.

## Résumé

De longue date des structures chevauchantes ont été observées dans l'archipel de Riou. Des observations nouvelles ont révélé des structures analogues dans l'île Jaire et dans le massif de Marseilleveyre. On est en droit de penser que les structures observées ont une signification plus que locale et qu'elles sont le reliquat d'une nappe plus vaste dont le massif de Marseilleveyre fait partie.

**Mots-clés :**

France/ Provence/Marseille/tectonique/  
archipel Riou-Jaire-Maire/massif de Marseilleveyre.

# Abstract

## Overlapping structure of the Marseilleveyre massif and Riou-Jaïre-Maïre archipelago in Marseille (Bouches du Rhône).

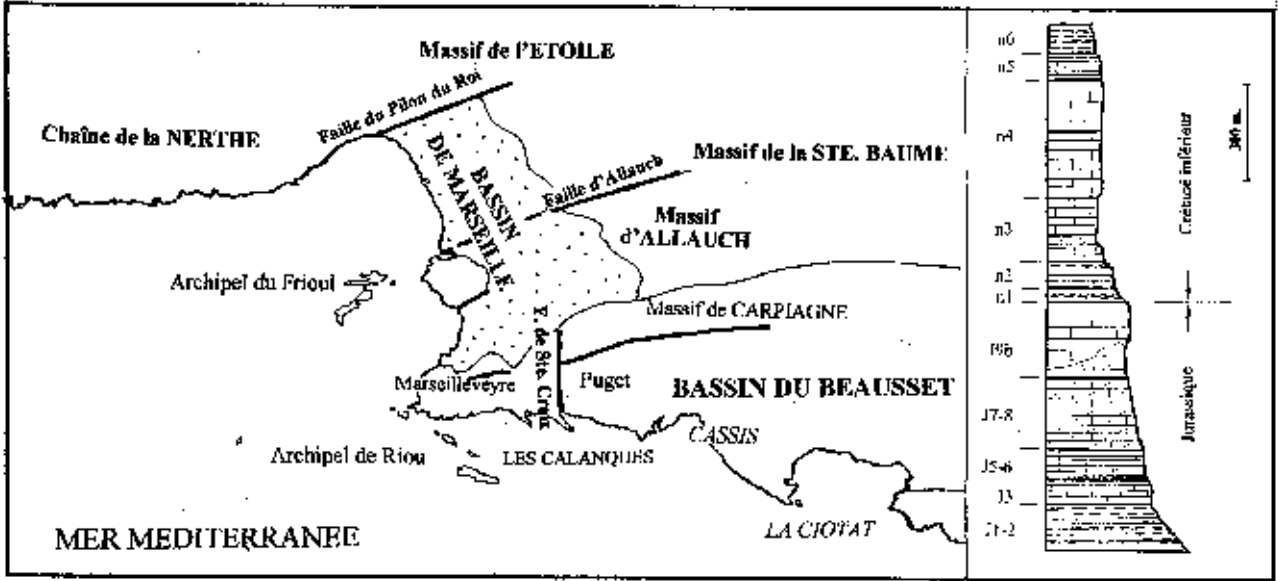
For a long time, overlapping structures are well known in Riou archipelago. New observations revealed similar structures in Jaire island and Marseilleveyre massif. It offers food for thought Riou-Jaire-Maire structures have a largest meaning. They are remainders of a greater overlapping including Marseilleveyre massif.

**Keywords:**

Riou-Jaïre-Maire archipelago/Marseilleveyre massif.

Figure 1

Plan de situation et schéma structural.  
(n6 : Gargasien - n5 : Bédoulien  
n4 : Barrémien(faciès Urgonien) -  
n3 :Hauterivien - n2 : Valanginien-  
n1 : Berriasien - J9b : Portlandien-  
J7-8 : Kimméridgien - J3 : Callovien -  
J1-2 : Bathonien/Bajocien).



## OBSERVATIONS ANCIENNES

**E. Fournier (1898)** décrit avec précision les différents affleurements aptiens du cap Croisette et de l'île Maïre. Il interprète la structure comme un pli déversé vers le nord et replace son observation dans le contexte des déformations de la bordure sud du bassin du Beausset

**J. Repelin (1899)** dans une note sur l'Aptien supérieur des environs de Marseille donne une liste des fossiles recueillis sur l'île Maïre, sans donner une coupe précise de la situation de cet Aptien.



**G. Denizot (1934)**, synthétisant des observations déjà publiées en 1927 et 1929 sur Riou, explique la partie chevauchante du Plan de Caramassagne par un synclinal bédoulien couché, chevauché par du Barrémien suivant une surface inclinée à 45° au S-SW. Il décrit les affleurements bédouliens du Baou-Rouge et interprète les accidents de Fontagne comme des écaillés d'Hauterivien et de Valanginien remontées en force entre deux Urgoniens (figure 8, p65)

A l'île Maire, il décrit les particularités tectoniques du flanc nord, en gardant l'interprétation du synclinal couché des auteurs précédents. Il note toutefois l'existence de phénomènes de redoublements de bancs et des décrochements secondaires vers le nord-est.

**JJ. Blanc (1956)**, dans son étude sur l'îlot du Grand Congloué note, grâce à des plongées dans le chenal séparant l'île Maire du cap Croisette, la possibilité d'un chevauchement en écaille de la masse urgonienne de l'île Maire.

**JJ. Blanc, G. Froget et G. Guieu (1956)** montrent la structure manifestement chevauchante de l'Urgonien et de l'Aptien de Riou mais ne peuvent préciser l'extension et le sens de ce chevauchement.

A l'île Maire ils confirment la structure chevauchante d'une unité urgonienne allochtone sur un ensemble autochtone et envisagent deux hypothèses pour la mise en place de cette structure : chevauchement du sud-ouest vers le nord-est ou l'inverse.

Au cours de son travail de thèse, **Gérard Guieu** <sup>(1)</sup> (1968 ; 2002) acquiert la conviction que les accidents tectoniques observés par ses prédécesseurs dans l'archipel Riou-Maire ont une signification bien plus importante que celle qui leur avait été attribuée jusque là.

Il présente les massifs de Marseilleveyre et du Puget comme des «structures chevauchantes dont l'archipel de Riou-Maire présente les reliquats». Il précise même que «Les mouvements se sont effectués vers le nord-est. Les plis présentent, dans les îles, la même orientation que ceux de Sormiou et de Notre-Dame de la Garde» (2002, p.31)

A l'île Maire, Gérard Guieu décrit «un noyau synclinal d'Aptien renversé au Sud sous l'Urgonien constituant l'essentiel de l'île».

A Riou, il décrit : «une structure synclinale rappelant immédiatement celle de Maire s'observe dans la partie occidentale de l'île : l'Urgonien et le Bédoulien du plan de Caramassagne y est chevauché par la masse urgonienne du sommet de Riou». Il en conclut (p. 53) que les îles de Riou et Maire «constituent les reliquats d'une structure, ou de structures chevauchantes au nord-est».

Dans la partie centrale du massif de Marseilleveyre (2002, p.45), Gérard Guieu écrit que «L'Urgonien s'y montre dans l'ensemble assez chaotique, caractère lié à la multitude des accidents tectoniques». L'Urgonien du panneau sud-occidental (2002, p.46) est fortement mylonitisé. Un «faisceau de failles NW-SE semble être en rapport avec les plis des îles qui présentent comme d'ailleurs celui de Sormiou, une orientation identique».

(1) Pour suivre plus facilement le raisonnement de Gérard Guieu nous emploierons les termes et échelles stratigraphiques admises à l'époque de sa soutenance de thèse, échelles qui ont été modifiées par les travaux de Jean-Pierre Masse.  
Gérard Guieu a également signalé (2002, fig.7) les «violents plissements» observés aux environs de la grotte Roland dans l'Hauterivien. ainsi qu'à la Fontaine de Voire (figure 2).

Dans la bordure nord du massif de Marseilleveyre, il observe que : «Le Portlandien est généralement séparé du Valanginien par des contacts anormaux : le plus spectaculaire est certainement celui du Mont-Rose. Vers l'Est, le contact Portlandien-Valanginien est souligné par une faille sinueuse plongeant légèrement vers le sud...». En certains endroits «ces déplacements ont abouti à une soudure du Valanginien supérieur et du Portlandien, ou même à une totale élimination de l'Hauterivien».

«L'Hauterivien a été généralement très endommagé par des étirements... et même des plissements dysharmoniques internes (2002, fig.8) entre l'Urgonien et le Portlandien qui n'ont pas été affectés par les mêmes déformations...«Chaque fois que l'on observe de petits plis dans les niveaux bien lités du Néocomien on constate que leur axe est orienté NW-SE».



Figure 2  
Plissements dans l'Hauterivien  
de la Fontaine de Voire

Gérard Guieu (1977, p.19) traduit par une carte et une coupe l'hypothèse que le massif de Marseilleveyre est peut-être chevauchant sur le bassin de Marseille.

Au col de Sormiou (2002, p.47), Gérard Guieu observe que les couches du Jurassique et du Crétacé se redressent jusqu'à la verticale en une structure orientée NW-SE recoupée par des failles SW-NE.

### 2.1. Ile Maire.

Longue de 1000 m et large de 400 m, l'île se présente sous l'aspect d'une grande masse calcaire à faciès urgonien. La lithologie n'a pas été faite en détail, nous nous trouvons dans le Barrémien supérieur. Sur la bordure nord de l'île existent des failles inverses déterminant des écaillés de chevauchement successives : Urgonien sur Urgonien, Urgonien sur Bédoulien, Urgonien sur Gargasien, Bédoulien sur Bédoulien (figures 4 et 5). Il n'existe pas de repli synclinal sous le chevauchement, mais une série d'écaillés constituant un front de chevauchement. Leurs pendages varient de 25° à 60° sud ; les niveaux de calcaires urgoniens et aptiens du front nord sont vigoureusement plissés (Axe de plis 270°-25°) (figure 3). Recoupant ces structures, des failles de décrochements N60° traversent l'ensemble de l'île.

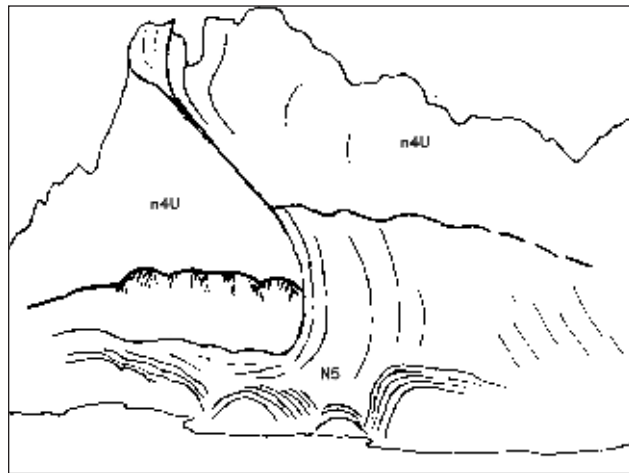
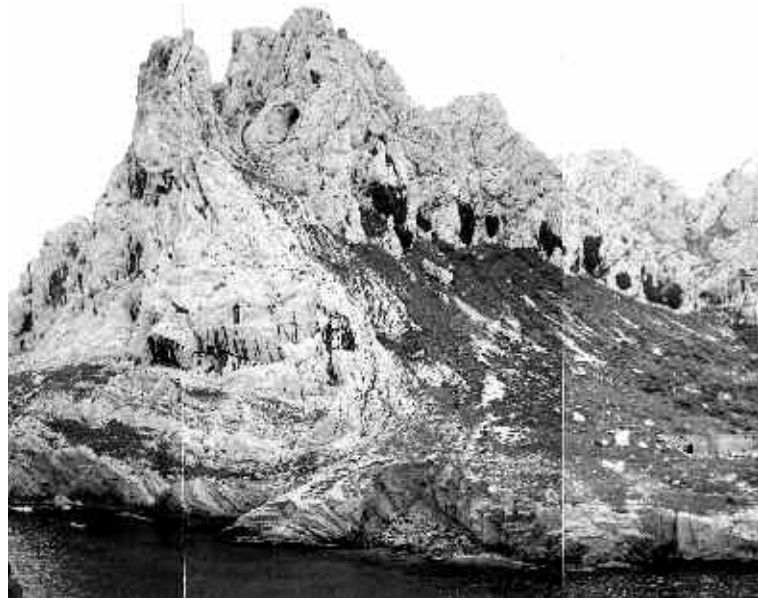


Figure 3  
Structures de chevauchements  
sur la bordure nord de l'île Maire  
(Le calcaire urgonien recouvre  
les niveaux de l'Aptien).



*Figure 4 et 5*

Structures de chevauchements sur la bordure nord de l'île Maire.



## 2.2. L'île de Jaïre

Longue de 1500 m et large de 300 m, l'île de Jaïre (Jaïres, Jarre) se situe entre les îles Maïre et de Riou. L'île est constituée par les calcaires du Barrémien supérieur (faciès Urgonien) L'ensemble des bancs a un pendage régulier de 10° à 20° N à NNW et semble correspondre à une unité monoclinale régulière. Pourtant sur la bordure nord de l'île, plusieurs accidents chevauchants, se redoublant assez souvent et se présentant sous une structure de front de chevauchement (écaillés) ont pu être mis en évidence (figure 7). Nous y avons découvert un Gargasien extrêmement laminé (fossiles pyriteux cimentés dans la brèche de faille). Ces failles inverses ont un pendage de 10° à 30° sud. Un grand nombre de failles N20° à N60° recoupent et décrochent l'ensemble des structures précédentes (figure 6).

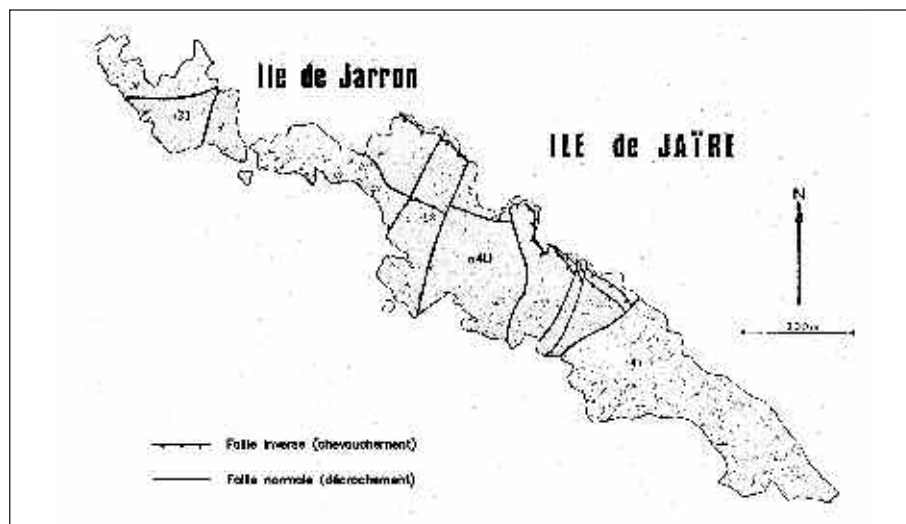


Figure 6

Carte des discontinuités  
de l'île de Jaïre.



Figure 7

Plan de chevauchement  
(urgonien sur urgonien)  
sur la bordure nord  
de l'île Jaïre.

### 2.3. L'île de Riou.

Longue de 2300 m et large de 500 m, l'île de Riou est une masse rocheuse essentiellement constituée par les calcaires du Barrémien supérieur à faciès Urgonien. Des affleurements d'Aptien se trouvent pris sous des chevauchements, au «Plan de Caramassagne» à l'est de l'île et sur sa bordure nord au «Baou Rouge» (figure 8).

Aucun repli synclinal n'existe sous le chevauchement du Plan de Caramassagne, les couches bédouliennes sont tronquées par une surface de friction (stries N15°), ce plan est incurvé et réapparaît côté sud de l'île où il met en contact deux Urgoniens l'un sur l'autre (figure 9). D'autres «écaillés» avec plan de chevauchement existent à l'ouest de l'île (Tête de Fontagne) mais sans interposition d'Aptien entre Urgonien.

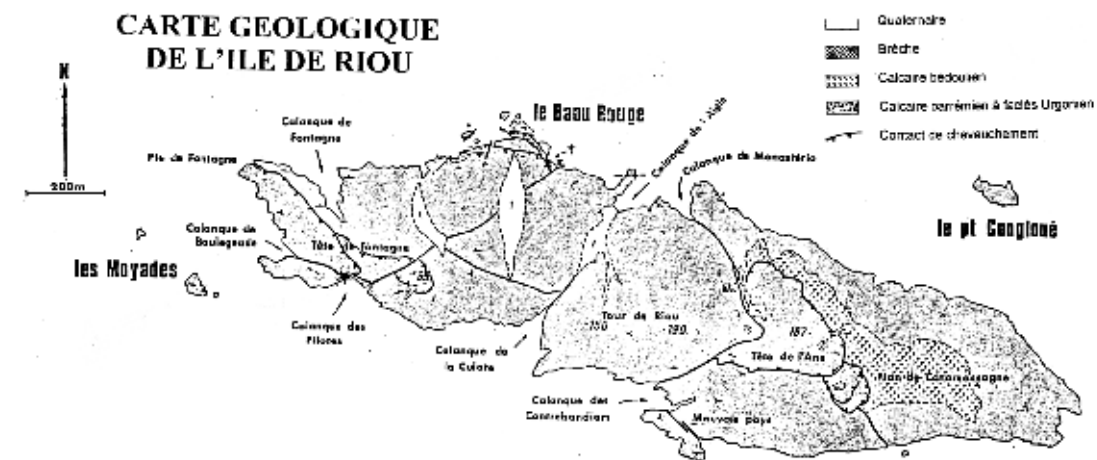


Figure 8

Carte géologique de l'île Riou.

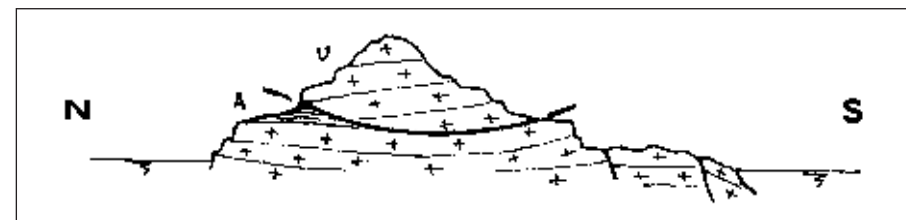


Figure 9

Coupe géologique de la partie  
est de l'île Riou (A=aptien du  
Plan de Caramassagne,  
U= barrémien à faciès Urgonien)

#### 2.4. Massif de Marseilleveyre.

#### 2.4.1. Région occidentale du massif.

La stratigraphie détaillée (Masse, 1976 ; Monteau, 1995) a montré que:

- le Barrémien supérieur et l'Aptien forment l'île Maire, le cap Croisette et le Sud-Ouest de Marseilleveyre, et l'ensemble de l'Archipel de Riou;
- le Barrémien inférieur avec son soubassement infra-crétacé et jurassique forment le bâti principal du massif de Marseilleveyre.



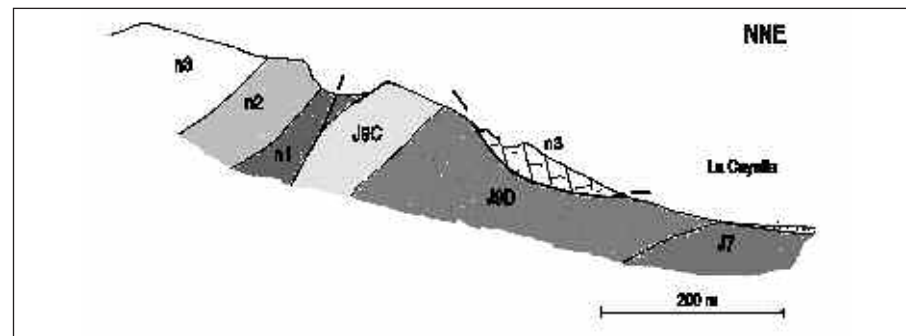
La partie sud-occidentale du massif de Marseilleveyre entre les Goudes et Maire est également constituée de Barrémien supérieur (sauf l'Aptien du Cap Croisette) (voir figure 14). Cet Urgonien est fortement mylonitisé et séparé du reste du massif par un faisceau d'accidents (faille du Sémaphore) NW-SE à pendage 50 à 60° sud. On note, au contact de ce faisceau d'accidents, la disparition des failles NE-SW qui découpent le massif. Il est évident que la faille du Sémaphore est postérieure aux failles NE-SW. Cet ensemble est manifestement chevauchant sur le reste du massif.

#### 2.4.2. Bordure nord du massif.

Parmi les désordres constatés sur la bordure nord du massif, Gérard Guieu rappelle (2002, p.45) une déformation intervenue, selon lui, après les plissements majeurs. Il s'agirait «d'un lambeau glissé en discordance mécanique sur le Portlandien, et constitué de Néocomien très laminé et d'un bloc d'Urgonien».

En 1974 Michel Arnaud, Claude Mouleau et Raymond Monteau ont pu mettre en évidence des assises fossilifères de l'Oxfordien dans ce secteur. Selon ces auteurs le bloc d'Urgonien glissé cité par Gérard Guieu serait en réalité un affleurement composé de terrains très tectonisés allant du Portlandien à l'Hauterivien. Cette «écaille» crétacée montre à sa base des structures de chevauchement sur le Jurassique sous jacent.

Cette découverte accentue encore la complexité de la bordure nord du massif de Marseilleveyre et apporte un argument nouveau en faveur de l'hypothèse, émise en 1973 par Gérard Guieu, d'un chevauchement général du massif de Marseilleveyre sur le bassin de Marseille (figure 10).



Enfin, on peut se demander si les paquets d'Urgonien observés au Vert Plan et traversés par les deux émissaires d'évacuation de Marseille (voir paragraphe 2.4.4) et à la montagne de l'Aigle, au Sud de la propriété du Roi d'Espagne, ne sont pas simplement des panneaux descendus vers le bassin oligocène par appel au vide.

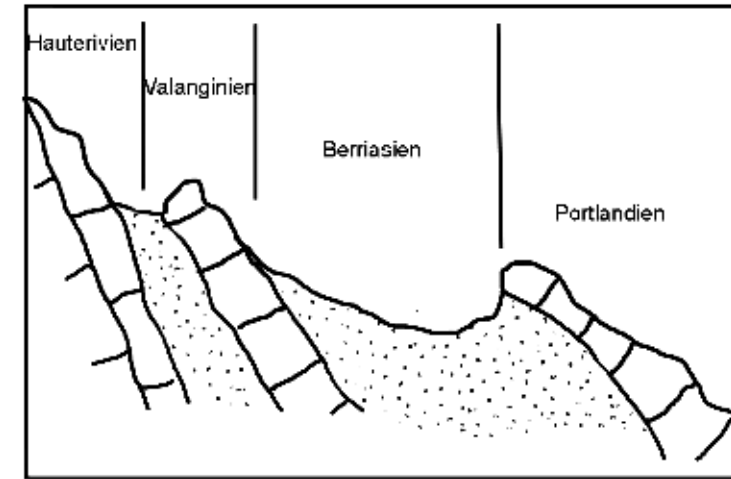
#### 2.4.3. Région de Sormiou

##### - Renversements des couches au Col de Sormiou

Gérard Guieu (1968 p.44) indique que « les couches néojurassiques et infracrétacées de la bordure NE du massif, de la Cayolle au Col de Sormiou, se redressent jusqu'à la verticale ». De fait ces couches finissent par être renversées (figures 11 et 12).



Figure 11 et 12  
Vue prise du col  
de Sormiou vers le Nord-Ouest.  
Le Tithonique, le Barrémien,  
le Valanginien et l'Hauterivien s  
ont renversés.



Si l'on admettait le chevauchement de l'ensemble du massif de Marseilleveyre vers le Nord-Est, avec les couches renversées de Sormiou, le schéma de cette structure serait conforme à celui que Gérard Guieu a présenté comme typique de la région de Marseille (in Guieu, Ricour et Rouire, 1996, p.183)

Reste à définir l'ampleur du chevauchement de la zone sud-ouest de Marseilleveyre sur la zone septentrionale du massif.

##### - Ecailles sur les crêtes de Sormiou

La structure du pli de Sormiou a été parfaitement décrite (Guieu, 2002 p.47-48). Sur le flanc ouest des crêtes de Sormiou les couches urgoniennes se redressent jusqu'à la verticale, pour présenter horizontalement au niveau de la mer en dessinant le flanc occidental du pli.

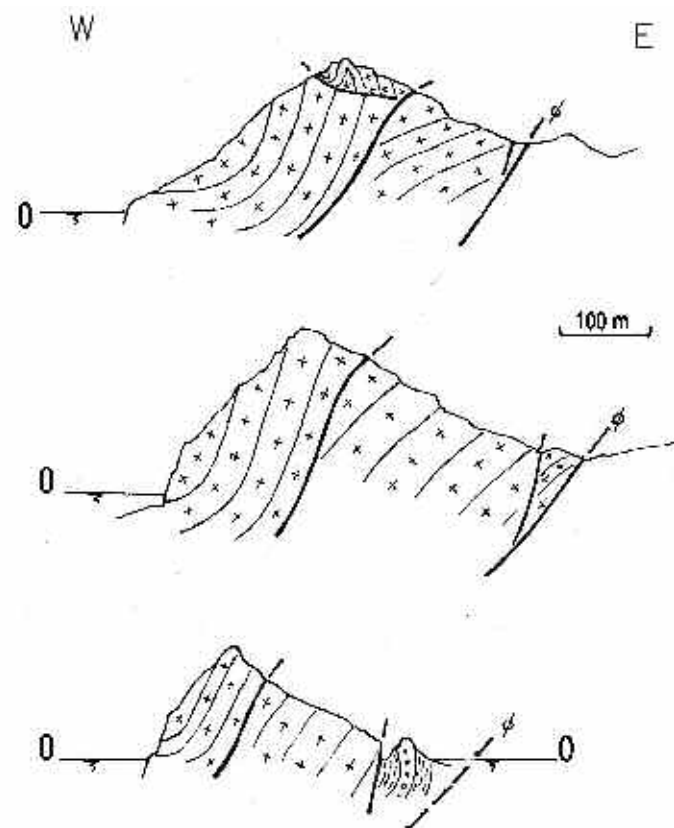
Sur la crête elle-même des structures annexes s'observent, il s'agit de plissements de petits bancs calcaires (niveaux du Barrémien terminal) et d'écailles tectonisées (Figure 13). Au lieu dit «Puits du Berger» plusieurs plis (axe N125-30NW) s'observent contre le plan de faille des crêtes de Sormiou.

Toutes ces structures placées sur l'accident NW-SE courant sur les crêtes du Bec Sormiou, font penser à des écailles au devant d'un front de chevauchement. Toute la structure ouest urgonienne des crêtes chevauche le flanc ouest très pincé du pli de Sormiou (figure 14).



Figure 13  
Structure plissée dans le barrémien  
supérieur de la crête de Sormiou.

Figure 14  
Coupes géologiques  
E-W du Bec Sormiou



#### 2.4.4. Deuxième émissaire de Marseille.

Son creusement a fourni des renseignements très importants. Débutant au Nord dans le bassin oligocène de Marseille, cet ouvrage a recoupé la bordure nord du massif de Marseilleveyre avant d'atteindre la mer. La description des terrains traversés a été donnée par **Pierre Weydert et Denise Nury** en 1978.

Une remarque générale s'impose d'emblée, tous les terrains traversés sont fortement affectés par la tectonique :

- **Quaternaire** (70 m) : à l'amont de l'ouvrage, des failles dues probablement à la néotectonique ont été observées dans les alluvions de l'Huveaune ;

- **Oligocène** (3465 m) : les terrains oligocènes (stampien supérieur et inférieur) ont subi une intense fracturation tectonique : failles NW-SE inclinées de 20° vers le sud-ouest qui sont le résultat de mouvements tangentiels, et failles verticales à sub-verticales EW-NE, qui fracturent le système précédent en provoquant d'importants décalages. Depuis l'amont de l'ouvrage des pendages sont dirigés vers le sud (15 à 30°) et passent au NE vers le PK3060 en se redressant jusqu'à 60° jusqu'au contact du Crétacé;

- **Terrains crétacés** (647m) : après des calcaires marneux en petits bancs (Bédoulien ?) inclinés à 70° vers le NE, viennent des calcaires urgoniens à pendage de 30 à 50° dirigé vers le SW ; ensuite la galerie a traversé des marnes noires très disloquées (attribuées au Jurassique ou au Bédoulien ?). Au-dessus de ces marnes des sondages ont mis en évidence un calcaire blanc à faciès stampien.

Ces terrains correspondent à l'affleurement du Vert-Plan. Leurs structures en contact tectonique contre les terrains jurassiques du massif de Marseilleveyre sont interprétables comme une écaille déplacée au front d'un chevauchement.

- **Terrains jurassiques** (810 m) : au-delà d'une zone de brèche (failles complexes N130 Pendage 60°N) le tunnel a pénétré dans les dolomies jurassiques et les calcaires de l'Oxfordien.

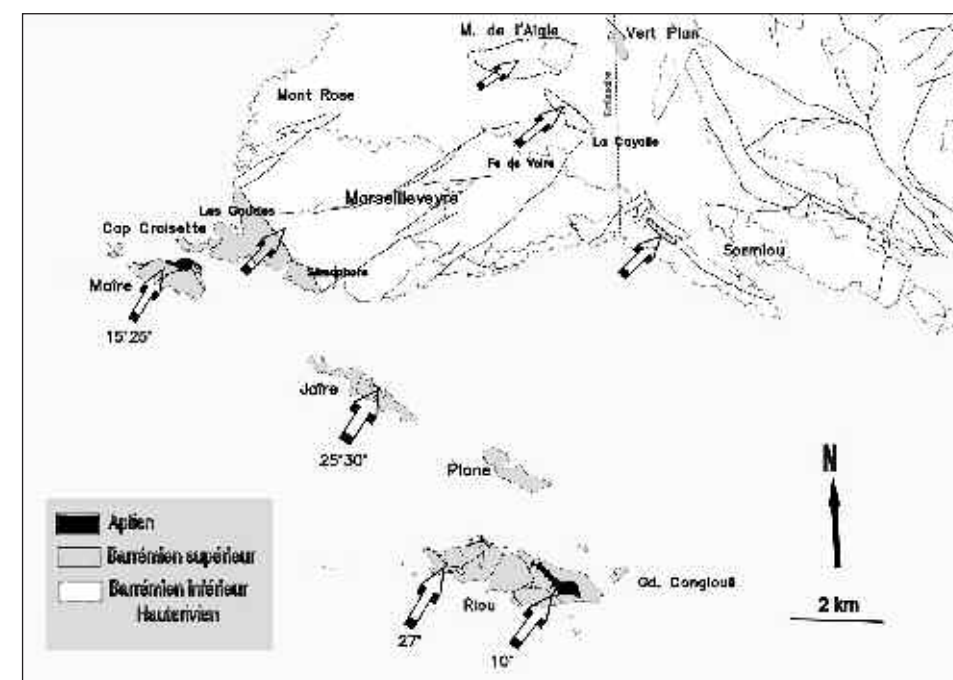
- **Terrains jurassiques et néocomiens** (945m) : après un nouvel accident (brèche argileuse N80 à pendage 70°S) l'ouvrage remonte la série normale depuis le Tithonique (Portlandien) très redressé (pendage 82°S) jusqu'à l'Hauterivien (pendage 15°S).

- **Terrains crétacés** (277 m) : constitués d'Urgonien très fracturé à pendage sud de 35 à 60° jusqu'en bordure de mer.

Cette coupe fondamentale, établie après la soutenance de thèse de G.Guieu, vient corroborer ses observations sur la bordure nord du massif de Marseilleveyre. Elle a mis en évidence des structures chevauchantes dues à des mouvements compressifs dirigés du SW au NE qui marquent la bordure nord du massif. Reste à définir l'ampleur des chevauchements constatés.

## CONCLUSIONS

De tout ce qui a été décrit précédemment, il ressort une constatation générale : il existe dans la région de Marseilleveyre et dans l'archipel Riou-Maire plusieurs structures chevauchantes dont les pendages de base peuvent présenter des valeurs variables (figure 15).



Il n'est pas interdit de penser que cet ensemble puisse s'intégrer dans le cadre d'un charriage unique et de grand style (Argyriadis, 2000). Il s'agirait de lambeaux «reliques» de la nappe ou de son parautochtone dont le contact de base aurait été violemment plissé dans des phases posthumes.

A cela il faut impérativement ajouter, surtout en ce qui concerne les affleurements proches du rivage actuel, l'effet dominant et trop souvent oublié de la flexure continentale de **Jacques Bourcart** (1943). On peut se demander si la figure 8 de Gérard Guieu ne traduit pas cette flexure.

Dans une note sur la tectonique de la montagne Sainte-Victoire, présentée en février 2005 à l'Académie des Sciences\*, nous avons écrit que la fraîcheur du relief de la montagne nous faisait penser que son mouvement de surrection n'était peut-être pas terminé. Durant l'édition de cette note, une étude d'interférométrie radar satellitaire, effectuée par la société ME2i, est arrivée à la conclusion que la partie occidentale de Sainte-Victoire est bien encore soumise à un mouvement vertical positif, ce qui confirme l'impression de terrain exprimée dans notre note.

La vigueur et la fraîcheur de la morphologie des îles de Riou et Maire n'est pas sans rappeler celle de la partie occidentale de Sainte-Victoire. Ces îles sortiraient-elles encore de l'eau ?

Figure 15  
Plans porteurs et sens  
des chevauchements  
du Massif de  
Marseilleveyre.

## Remerciements

Nous remercions chaleureusement Marc Orvoen pour l'intérêt qu'il a porté à notre étude et pour les facilités de déplacement en mer qu'il nous a procurées.



REFERENCES

Argyriadis I., 2000. La tectonique de la Basse Provence : proposition d'une interprétation nouvelle. *C.R.Acad. Sc. Paris*, t. 33 : 797-802.

Arnaud M., Monleau C. et Monteau R., 1974. Présence de l'Oxfordien (zone à Plicatilis) dans le Jurassique supérieur des massifs de Marseilleveyre et de Carpiagne (France, Bouches-du-Rhône). *C. R.Acad. Sc. Paris*, t. 279 : 639-641.

Blanc J.J., 1956. Etudes sur l'îlot du Grand Congloué. *Ann. Inst. Océan.* 32 :124-153.

Blanc J.J, Froget C. et Guieu G., 1967. Géologie littorale et sous-marine dans la région de Marseille. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7, IX : 561-571.

Bourcart J., 1949. La théorie de la flexure continentale. *C.R. XVI<sup>ème</sup> Congrès international de Géographie*. Lisbonne.

Denizot G., 1934. Description des massifs de Marseilleveyre et de Puget. *Ann. Mus. Hist. Nat. Marseille.* XXVI, mém.5 : 229 p.

Fournier E., 1898. Etude sur la tectonique des massifs de Marseilleveyre et de la tête du Puget. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (3), 26 : 431-441.

Guieu G., 1968. *Etude tectonique de la région de Marseille (1968)*. Thèse Fac. Sci. Univ. Marseille. 2002. Pub.Univ. Marseille.

Guieu G., 1977. La tectonique du bassin de Marseille à l'Oligocène. *Géol. Méditerr., Marseille*.,IV, 1 : 9-24.

Guieu G., Ricour J., Rouire J., 1996. *Découverte géologique de Marseille et de son décor montagneux*. BRGM Orléans et Jeanne Laffitte Marseille Ed..

Repelin J., 1899. Note sur l'Aptien supérieur des environs de Marseille. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 24 : 363-373.

Ricour J., Monteau R. et Argyriadis I., 2005. Nouvelle interprétation tectonique de la montagne Sainte-Victoire. *C.R.Acad. Sci. Paris*, sous presse.

Weydert P. et Nury D., 1978. Données nouvelles sur la stratigraphie et la tectonique de la zone méridionale du bassin de Marseille. *C. R.Acad. Sc. Paris*, 287 : 591 à 594.

Résumé

Grâce à 30 prospections mensuelles réalisées entre février 2001 et février 2004 et un effort d'échantillonnage réparti de manière homogène sur l'année, nous avons pu déterminer le rythme saisonnier de la présence du cachalot en Mer Ligure. L'échantillonnage s'est effectué sur deux radiales parallèles fixes entre le Cap d'Antibes et la Revelatta en Corse. Le protocole s'est composé d'une veille visuelle effectuée par trois observateurs, ainsi qu'un échantillonnage acoustique régulier. La comparaison des résultats mensuels sur la radiale principale, soit sur un effort total de 4 468 km et 249 stations acoustiques, nous a permis d'obtenir des connaissances nouvelles pour l'espèce en Méditerranée Nord-Occidentale : 12 observations visuelles et 36 détections acoustiques ont été obtenues au total. Le cachalot est présent toute l'année avec un minimum de janvier à juillet, où l'indice moyen obtenu en combinant les résultats visuel et acoustique atteint 0,32 ind./100 km. Les indices les plus forts sont obtenus entre août et décembre avec une moyenne de 1,82 ind./100 km. La présence de femelles, accompagnées de nouveau-nés et de juvéniles a également été montrée dans la zone.

**Mots-clés :**  
cachalot, *Physeter macrocephalus*, Mer Ligure, variation saisonnière.

**Abstract**  
**Seasonal variations of sperm whale's occurrence (*Physeter macrocephalus*) in the Pelagos Sanctuary (Ligurian Sea).**

The Ligurian Sea is well known to be an attractive area in summer for a large number of cetaceans as sperm whale. The objective of this study was to expose the seasonal variation of sperm whale in the Ligurian Sea. Field protocol consisted of thirty dedicated surveys, carried out between the "Cap d'Antibes" and the "Pointe de la Revellata" from February 2001 to February 2004. Visual surveys were conducted on a monthly basis (using the same platform and the same protocol) on two parallel transect lines and consisted of a continuous naked-eye observation by three observers. Acoustic sampling was performed by listening with a towed hydrophone at regularly spaced stations along the track line. The sampling effort was distributed almost homogeneously throughout and between years. Sightings and acoustic detection were compared on the main transect, on a total effort of 4 468 km and 249 acoustic sampling during which sperm whales were visually detected on 12 occasions, and acoustically on 36 stations. Sperm whales were observed throughout the year with a lower presence of 0.32 ind./100km from January to July and a higher index 1.82 ind./100 km from August to December. Winter presence of social groups including newborn and juveniles was also observed during this study.

**Keywords :**  
sperm whale, *Physeter macrocephalus*, Ligurian Sea, seasonal variation.

**Variation saisonnière de la présence du cachalot (*Physeter macrocephalus*) dans le Sanctuaire Pelagos (Mer Ligure)**

Laran Sophie \*, \*\*, \*\*\*, Gannier Alexandre \*, \*\*\*

\* Centre de Recherche sur les Cétacés, Marineland, 306 av. Mozart, F-06600 Antibes, France

\*\* Free University of Brussels, Pleinlaan 2, B-1050 Brussels, Belgium

\*\*\* Groupe de Recherche sur les Cétacés, BP 715, F-06633 Antibes, cedex, France  
Auteur correspondant : S. Laran : sofyl8@yahoo.com

Huit espèces de cétacés fréquentent communément la zone du Sanctuaire, à savoir par ordre décroissant de taille : le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*, Linné 1758), le cachalot (*Physeter macrocephalus*, Linné 1758), la baleine à bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*, Cuvier 1823), le globicéphale noir (*Globicephala melas*, Traill 1809), le dauphin de Risso (*Grampus griseus*, Cuvier 1812), le grand dauphin (*Tursiops truncatus* Montagu 1821), le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*, Meyen 1833) et le dauphin commun (*Delphinus delphis*, Linné 1758). Le plus grand des odontocètes est le cachalot qui atteint une quinzaine de mètres pour les mâles observés récemment en Méditerranée (**Drouot *et al.*, 2004a**) Les connaissances sur le comportement des femelles, ainsi que l'observation de nouveau-nés en Méditerranée laissent supposer que la mise bas se fait dans le bassin occidental (**Drouot *et al.*, 2004a**). Les études génétiques sur l'ADN mitochondrial ont d'ailleurs montré un niveau significatif de divergence entre les individus de Méditerranée et ceux de l'Atlantique (**Drouot *et al.*, 2004b**) Cependant, aujourd'hui encore, le déplacement des mâles et la fréquence des passages vers l'Atlantique sont mal connus.

En Méditerranée, le régime alimentaire du cachalot est composé de céphalopodes (**Roberts, 2003 ; Garibaldi & Orsi-Relini, 2005**). En phase de prédation, le cachalot effectue des plongées d'environ 45 minutes, puis remonte à la surface une dizaine de minutes (**Drouot *et al.*, 2004c**). Au cours de ces plongées, il émet un signal acoustique régulier et quasiment continu, attribué à l'écholocation (**Rice, 1989 ; Whitehead, 2003**). Lors de sa remontée et en surface, il reste le plus souvent silencieux. Ce comportement explique l'intérêt particulier pour cette espèce d'un échantillonnage par acoustique passive (hydrophone), en complément des méthodes visuelles .

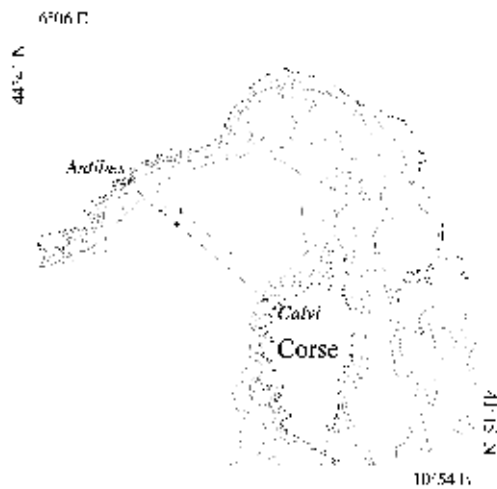
De manière générale, le cachalot occupe préférentiellement les zones du talus et du large. En mer Ligure, sa distribution est étalée (**Gordon *et al.*, 2000**) sur des fonds de 100 à 2800 m, ce qui est vraisemblablement lié à son alimentation (**Gannier *et al.*, 2002**). Alors que l'espèce a fait l'objet de nombreuses captures dans les filets dérivants au cours des années 80 (**Notarbartolo di Sciara, 1990 ; Aguilar & Silvani, 1995**), aucune estimation fiable de la population n'est aujourd'hui disponible pour la mer Méditerranée. Seule l'étude de **Gannier *et al.* (2002)** fournit une vue claire sur la situation estivale dans le bassin occidental. Ces auteurs montrent une préférence pour le Golfe du Lion avec 2,15 ind./100km estimé par méthode acoustique, ainsi que pour le Sud-Ouest du bassin (au sud du 41<sup>e</sup> parallèle, avec 1,90 ind./100km). Une abondance relative de 0,77 ind./100km est estimée en Mer Ligure en période estivale, par ailleurs l'absence de l'espèce avait été constatée entre octobre et mai par **Gannier (1999)**.

Un échantillonnage mensuel a été mis en place pendant trois années consécutives, pour évaluer les variations saisonnières des populations de cétacés entre la Corse et le continent (**Laran, 2005**). L'échantillonnage acoustique et l'observation visuelle ont permis d'obtenir des résultats nouveaux pour le cachalot dans cette zone.

Prospection

Au total 30 prospections mensuelles se sont déroulées à bord d'un bateau à moteur (East Bay'40) de 12 m de long, pendant 37 mois consécutifs. Entre février 2001 et février 2004, l'échantillonnage s'est réalisé sur deux radiales parallèles fixes (Fig. 1), dans le Nord du Sanctuaire de Méditerranée Nord-Occidentale. Le premier jour, la radiale principale d'une longueur de 160 kilomètres, localisée entre le Cap d'Antibes (43°32N, 7°07E) et la Pointe de la Revelatta en Corse (42°36N, 8°37E) était échantillonnée à une vitesse de 22 km.h-1 (12 nœuds). Le lendemain un segment réplique de 74 kilomètres, parallèle au premier et décalé de 11 km était échantillonné à 13 km.h-1 (7 nœuds). Ce second segment nous permettait l'acquisition de données complémentaires, essentiellement destinées à estimer la perte de détections visuelles entre les deux vitesses d'échantillonnages pour les deux espèces les plus fréquentes (le dauphin bleu et blanc et le rorqual commun).

Figure 1  
Zone d'étude et radiales d'échantillonnage.



Au cours de l'échantillonnage visuel, le secteur avant, localisé de part et d'autre de la route du navire, était couvert par 3 observateurs scrutant chacun à l'œil nu un secteur de 60°. Les yeux situés 4 m au-dessus de la surface. En complément des méthodes d'observations visuelles par transect linéaire, 9 stations acoustiques étaient réalisées à 18,5 km (10 milles nautiques) d'intervalle, dans le but de détecter les cachalots en plongée présents sur les transect. Ces stations acoustiques, plus espacées que lors des travaux de Gannier *et al.* (2002), permettaient néanmoins de détecter les cachalots en chasse, tout en minimisant les temps d'arrêt et donc d'échantillonner la radiale complète lors des plus courtes journées de décembre. Le matériel utilisé était un hydrophone mono-voie de bande passante 200Hz-20 kHz (Magrec, HP 30MT) connecté à un enregistreur numérique DAT (Sony TCD-D10). Les traversées mensuelles ont été programmées lors de prévisions de conditions météorologiques satisfaisantes, avec un intervalle minimum de 17 jours entre chaque échantillonnage. Seule la traversée d'août 2001 n'a pas permis d'échantillonnage acoustique. Pour chaque écoute, l'espèce de cétacé présente était consignée, le niveau de signal des animaux et du bruit ambiant étant codés sur une échelle de 1 à 5, conformément à ce qui se pratique lors des prospections combinées (Gordon *et al.*, 2000). Des enregistrements acoustiques étaient réalisés systématiquement, puis réécoutés en laboratoire afin de vérifier les indications consignées au cours des traversées. Le dispositif acoustique permettait de détecter un cachalot dans un rayon estimé à 8 km environ (Gannier *et al.*, 2002), ce qui en relation avec l'espacement des stations permettait une bonne efficacité de détection acoustique.

Analyses

Le segment réplique n'ayant pas permis la détection de cachalots en nombre suffisant (segment plus court) pour permettre une comparaison avec le segment principal, seul l'effort visuel et acoustique obtenu sur la radiale principale (Cap d'Antibes-La Revelatta) a été utilisé pour l'analyse afin d'éviter de comptabiliser deux fois les mêmes individus

au retour. Le taux d'observation de cachalots moyen pour chaque mois a été obtenu en divisant le nombre total d'individus comptabilisés visuellement par l'effort de prospection (en km) cumulé au cours des 3 années. Pour l'acoustique, seules les stations réalisées avec un niveau de bruit inférieur ou égal à 3 (sur 5) ont été conservées. Lorsque le niveau de signal des cachalots était suffisant ( $\geq 3$ ), la détermination du nombre d'individus était possible jusqu'à trois animaux, l'enregistrement devenant trop confus au-delà. La combinaison du nombre d'animaux visibles en surface (généralement silencieux) et du nombre d'individus distincts détectés par acoustique, nous a permis d'estimer un nombre minimum d'individus sur le transect. Pour cela, les détections acoustiques de part et d'autre d'une observation visuelle n'ont été considérées que lorsqu'elles permettaient de distinguer des individus supplémentaires. De même, lorsque deux stations successives signalaient la présence de cachalots, une seule a été conservée, celle signalant le plus grand nombre d'individus. En complément de l'indice mensuel moyen d'abondance, nous avons étudié la variation interannuelle de cet indice, par calcul d'un indice moyen annuel.

RESULTATS

Au total, 4 468 km ont été échantillonnés sur la radiale principale avec des conditions d'observation satisfaisantes (force du vent  $\leq 3$  Beaufort) et 249 stations acoustiques (soit 95,4%) ont bénéficié d'un niveau de bruit satisfaisant. Un effort moyen mensuel de 647 km a ainsi été obtenu, avec des minima en novembre (158 km), janvier (295 km) et mars (275 km ; Tab. 1). En moyenne, nous avons disposé de 20 stations acoustiques par mois, avec un minimum en janvier (6 stations), mars et novembre (9 stations). Au total, 6 observations visuelles de cachalots ont été réalisées sur la radiale principale, auxquelles s'ajoutent 6 observations sur le segment réplique et hors-effort ; et 34 stations acoustiques (soit 13,6%) ont signalé la présence de l'espèce (sur le segment principal). Parmi les détections réalisées, les cachalots ont représenté 2,5 % des observations. Les autres espèces rencontrées étaient : le dauphin bleu et blanc avec 67,6% des détections visuelles, le rorqual commun (25,2%), le dauphin de Risso (2,0%) et le globicéphale noir (1,4%). Le grand dauphin n'a été observé qu'en dehors des phases d'échantillonnages, à proximité des côtes corses. Les cachalots ont été rencontrés tout au long de l'année (Tab. 1) et principalement détectés à l'aide de l'hydrophone.

	2001			2002			2003			Total	
	Individus		Effort	Individus		Effort	Individus		Effort	Effort	Individus
	Vis.	Acous.	(km)	Vis.	Acous.	(km)	Vis.	Acous.	(km)	(km)	/100km
Janvier				0	0	158				158	-
Février	0	0	74	0	1	158	0*	0*	158*	548	0,18
Mars							0	0	158	158	-
Avril	0	1	261	0	0	111	0	3	158	530	0,75
Mai	1	1	148	0	0	158	0	0	158	464	0,43
Juin	0	1	158	0	3	158	0	0	158	474	0,84
Juillet	0	0	158	0	0	158	0	0	158	474	-
Août	0		148	2	2	158	0	3	158	464	1,51
Septembre				1	2	158	0	5	158	316	2,53
Octobre	1	1	158				0	8	158	316	3,16
Novembre				0	0	158				158	-
Décembre	0	0	130	0	0	130	9	0	140	400	2,26
Total	2	4	1235	3	8	1505	9	19	1562	4460 km	

Composition des groupes

D'après l'ensemble des observations visuelles, la taille des groupes variait de 1 à 9 individus, avec une moyenne de 2,17 individus (SE= 0,68). Cependant les groupes de plus de deux individus n'ont été rencontrés qu'en septembre et décembre 2003. En tenant compte des indications fournies par l'acoustique, l'effectif moyen estimé atteint 2,42 individus (SE=0,66). En septembre 2003, un nourrisson de 5,5 m de long environ a été observé avec un adulte. Un autre individu se trouvant à proximité a été considéré dans le même groupe et quatre autres à 3,5 km ont été comptabilisés dans un groupe distinct. En décembre 2003, un groupe de 7 adultes accompagnés d'un juvénile et d'un nourrisson a été observé.

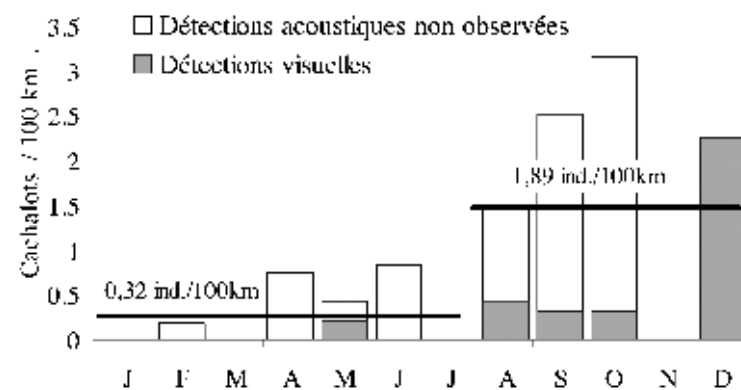
Tableau I  
Nombre d'individus observés visuellement sur la radiale principale et détection supplémentaires par acoustique au cours des 30 traversées réalisées.



### Indice d'abondance mensuel moyen

Le cumul des 3 années (Fig. 2) montre deux périodes distinctes : de janvier à juillet, où la présence moyenne a été de 0,32 ind./100 km en moyenne, avec deux maxima en avril et en juin (0,7-0,8 ind./100 km), puis la période d'août à décembre, qui semble plus propice à la fréquentation des cachalots dans notre zone d'étude puisque le taux moyen de cachalots a atteint 1,89 ind./100 km (Fig. 2). Le maximum absolu a été atteint en octobre avec 3,16 ind./100 km, mais l'indice reste cependant supérieur à 2,2 ind./100 km en septembre et décembre.

L'absence de détection, en janvier, mars et novembre (Tab. 1) est à mettre en regard d'un effort de prospection plus faible, puisque seulement 158 km et 6 à 9 stations acoustiques ont été accumulés au cours de ces trois périodes. Toutefois, pour l'hiver, le faible taux obtenu en février (0,18 ind./100 km) combiné aux résultats de janvier et mars semble indiquer une présence plus faible et plus irrégulière que pour les mois d'avril à juin.



### Variabilité interannuelle

Lorsque nous regardons les trois années séparément, elles montrent des valeurs moyennes et des tendances différentes (Fig. 3). L'année 2003 a été la plus riche en détections visuelles et acoustiques, suivie par l'année 2002 et l'année 2001. L'indice moyen annuel, cumulant les résultats visuels et acoustiques, est de 0,49 ind./100 km en 2001, il augmente à 0,73 en 2002 et culmine en 2003 avec 1,79 ind./100 km.

L'année 2001 se caractérise par deux pics à 1,3 ind./km et un creux estival (mais l'acoustique n'avait pas été employée en août), alors qu'en 2002, un premier pic de 1,9 ind./100 km a lieu en juin, puis le second plus fort (2,5 ind./100 km) en août. Une forte diminution a ensuite été observée jusqu'en décembre. Toutefois les résultats de 2002 doivent être nuancés par la détection à deux reprises d'animaux sur le transect réplique : en mars et en décembre. En 2003, le pic printanier d'avril (1,9 ind./100 km) est suivi d'une raréfaction du cachalot, mais ensuite de l'été à la fin de l'automne, nous constatons une augmentation de sa présence, qui culmine en décembre avec 6,5 ind./100 km.

Cet aspect de l'étude nous indique que la présence du cachalot semble variable selon les années, mais qu'elle se caractérise généralement par un premier pic au printemps, suivi d'un maximum annuel entre la fin de l'été et la fin de l'automne.

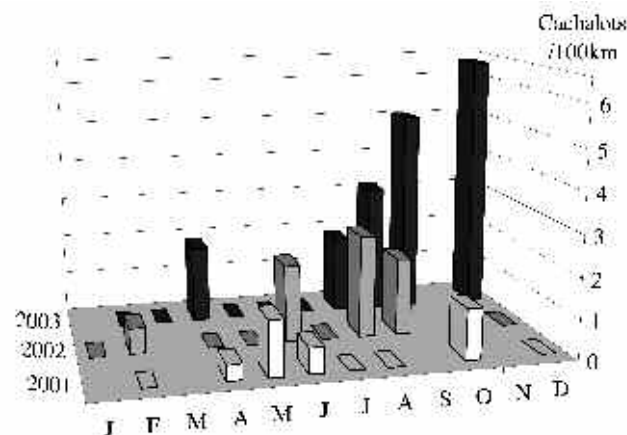


Figure 2  
Evolution mensuelle du nombre de cachalots observés par kilomètre et du nombre d'individus distincts détectés par l'échantillonnage acoustique.

Figure 3  
Evolution mensuelle de l'indice de cachalots détectés par 100 kilomètres (méthodes visuelle et acoustique) au cours des 3 années d'échantillonnage.

Sur l'année complète, nous obtenons un effectif moyen des groupes de 2,2 individus par groupe pour les observations visuelles. Cette valeur est intermédiaire aux deux estimations de Drouot et al. (2004a) dans le bassin nord-occidental, puisqu'en période estivale ces auteurs obtiennent au nord du 41<sup>e</sup> parallèle (soit à la latitude du sud de la Corse) un effectif moyen de 1,3 individus, alors qu'au sud de cette limite, la moyenne atteint 3,4 individus, regroupant jusqu'à 7 individus par groupe. Nos deux observations de groupes sociaux au nord de la Corse, en automne et début d'hiver, ainsi que celle du même type réalisée au large du Cap d'Antibes par Moulins & Würtz (2005), permettent d'éclairer d'un jour différent l'absence de groupes sociaux au sud du 41<sup>e</sup> parallèle constatée en période estivale par Drouot et al. (2004a). La distribution des mâles et des femelles en Méditerranée semble donc se distinguer de celle observée dans les océans, où les groupes de femelles et juvéniles ne sont jamais vus dans le nord des bassins (Rice, 1989). En période estivale, Drouot et al. (2004a) signalent d'ailleurs la présence de mâles isolés dans le Sud, peu éloignés de groupes sociaux. Dans les eaux de Crète, Frantzis et al. (2003) suggèrent une cohabitation des mâles et des groupes sociaux tout au long de l'année. Nos estimations de l'indice d'abondance de cachalots sur la période de juin à août correspondent à celles de Gannier (1999) qui obtenait sur une étude pluriannuelle par échantillonnage visuel 0,145 ind./100 km dans le secteur Ligure. Sur cette même période, notre moyenne sur les détections visuelles uniquement est de 0,143 ind./100 km. En revanche, ces résultats sont très inférieurs à l'indice visuel de Gannier et al. (2002), qui pour la même zone et la même période, obtiennent 0,405 ind./100 km avec une vitesse d'échantillonnage plus faible (6 nœuds). Enfin en ne considérant que les détections acoustiques nous obtenons entre juin et août, un taux moyen de 0,956 ind./100 km, un résultat légèrement supérieur à l'estimation de 0,777 ind./100 km de Gannier et al. (2002) obtenue avec des stations plus rapprochées (3,7 km). Ces différences peuvent s'expliquer en grande partie par les protocoles d'observation : dans les travaux de Gannier et al. (2002), les observations visuelles étaient assistées d'écoutes quasi-permanentes qui permettaient d'obtenir un plus grand nombre de détections visuelles, soit en déviant la route du bateau, soit en attendant qu'un cachalot en plongée n'achève sa sonde. Dans notre cas, la route du bateau n'a jamais dévié, et l'écoute acoustique positive n'a jamais été suivie d'une attente sur la radiale principale. Ainsi, les comparaisons les plus judicieuses doivent se faire entre nos indices visuels et ceux de Gannier (1999), d'une part, et nos indices acoustiques et ceux de Gannier et al. (2002), d'autre part.

Nos résultats apportent des éléments nouveaux sur la présence des cachalots en Mer Ligure en dehors de la période estivale, puisque Gannier (1999) n'y avait réalisé aucune observation de cachalot. De même en Mer Tyrrhénienne, lors d'un suivi saisonnier de 3 années, aucune observation n'avait été enregistrée entre octobre et avril (Marini et al., 1996). Notre étude permet pour la première fois d'apporter des informations sur la présence de l'espèce en Mer Ligure au cours de l'année. Au vu de ces résultats, il apparaît que les cachalots sont présents tout au long de l'année avec un pic en d'automne. En effet, l'indice de présence combinant les méthodes visuelle et acoustique est supérieur à 2 ind./100 km en septembre, octobre et décembre. C'est un résultat nouveau et important pour la conservation de l'espèce en Méditerranée.

Une variabilité interannuelle apparaît clairement sur nos trois années de prospection, à l'image de ce qui a été observé pour le rorqual commun (Gannier, 2002). L'étude des conditions environnementales simultanées pourrait fournir des pistes pour expliquer ces changements. D'autre part, la comparaison avec des observations réalisées dans les bassins voisins (Mer Tyrrhénienne, Golfe du Lion, Mer Ionienne) permettrait de déterminer si les fortes variations de présence en Mer Ligure sont liées à un déplacement des animaux vers des zones voisines, et ainsi de mieux comprendre l'écologie du cachalot à l'échelle de toute la Méditerranée Occidentale. D'autres chercheurs ont confirmé que la présence du cachalot avait été très forte en mer Ligure en 2003 (Sabina Airoidi, comm.pers.).

L'espèce principale composant le régime alimentaire du cachalot en Méditerranée semble être *Histioteuthis bonnellii* (Roberts, 2003 ; Garibaldi & Orsi-Relini, 2005). D'après une étude réalisée aux Baléares, cette espèce occuperait préférentiellement des profondeurs de 600-800 m (Quetglas et al., 2000). Malheureusement peu de prélèvements, à de telles profondeurs, sont disponibles à différentes périodes de l'année. La présence probable de nombreux céphalopodes en Mer Ligure en fin d'automne semble aussi correspondre à une augmentation de la fréquentation d'autres teuthophages partiels ou exclusifs comme le dauphin bleu et blanc et le globicéphale noir (Gannier, 1999 ; Laran, 2005). Notre travail saisonnier, un des premiers du genre, a dû intégrer les contraintes logistiques liées à la météorologie et à la durée du jour en hiver. Afin de réaliser la traversée complète lors des périodes de jour les plus courtes, nous avons limité notre échantillonnage acoustique à une station tous les 18,5 km, les cachalots n'étant pas la seule espèce ciblée par cette étude. Il est certain que cette contrainte peut expliquer les écarts constatés certains mois entre le transect principal et le transect réplique. Malgré cela la méthode acoustique a permis d'apporter ces résultats nouveaux, étant donné la durée importante des plongées sous la surface effectuées par les cachalots (autour de 45 minutes), la probabilité de détection visuelle est beaucoup plus faible que pour d'autres espèces. Des échantillonnages complémentaires avec des stations plus resserrées permettraient idéalement de définir plus précisément l'évolution de la présence du cachalot au cours de l'année. Les résultats présentés ici comptent cependant parmi les rares exemples d'études saisonnières intensives.

MATERIELS ET METHODES

Cette étude a permis pour la première fois de déterminer la présence des cachalots en Mer Ligure au cours de l'année. La distinction d'une période plus favorable d'août à décembre apparaît dans l'analyse globale des 3 années. Cependant, une variabilité inter-annuelle apparaît nettement, avec des cachalots plus fréquents durant l'année 2003. L'utilisation intensive par le cachalot de la zone du sanctuaire Pelagos en dehors de la période estivale, avec des groupes de femelles et de nourrissons, donne des indications intéressantes sur l'écologie de la région, et pose de nouvelles contraintes au niveau de la protection des cétacés face au risque de collision encouru par ces mammifères marins

BIBLIOGRAPHIE

Aguilar A. & Silvani L., 1995. Mortality of cetaceans in driftnets in the Mediterranean continues. *Report of the Int. Whaling Commission*, **45** : 457-458.

Drouot V., Gannier A. & Goold J.C., 2004a. Summer social distribution of sperm whales (*Physeter macrocephalus*) in the Mediterranean Sea. *J. of the Mar. Biol. Ass. of the U.K.*, **84** : 675-680.

Drouot V., Bérubé M., Gannier A., Goold J.C., Reid R.J. & Palsboll P.J., 2004b. A note on genetic isolation of Mediterranean sperm whales (*Physeter macrocephalus*) suggested by mitochondrial DNA. *J. of Cetacean Re. and Management*, **6** (1) : 29-32.

Drouot V., Gannier A. & Goold J.C., 2004c. Diving and feeding behavior of sperm whales (*Physeter macrocephalus*) in the Northwestern Mediterranean Sea. *Aquatic Mammals*, **30** (3) : 419-426.

Frantzis A., Alexiadou P., Paximadis G., Politi E., Gannier A. & Corsini-Foka M., 2003. Current knowledge of the cetacean fauna of the Greek Seas. *J. of Cetacean Res. and Management*, **5** (3) : 219-232.

Gannier A., 1999. Les cétacés de Méditerranée : nouveaux résultats sur leur distribution, la structure de leur peuplement et l'abondance relative des différentes espèces. *Mésogée*, **56** : 3-19.

Gannier A., 2002. Summer distribution of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Northwestern Mediterranean Marine Mammals Sanctuary. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, **57** : 135-150.

Gannier A., Drouot V. & Goold J.C., 2002. Distribution and relative abundance of sperm whales in Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, **243** : 281-293.

Garibaldi F. & Orsi-Relini L., 2005. Teutophagous cetaceans of the Ligurian Sea : feeding strategies, niche breadth and possible competition with other top predators. *In*: Evans P.G.H. & Ridoux V. (ed) Abstract book of the 19th *Annual Conference of the European Cetacean Society*, Vol 19, La Rochelle, France : 84.

Gordon J.C.D., Matthews J.N., Panigada S., Gannier A., Borsani F.J. & Notarbartolo di Sciara G., 2000. Distribution and relative abundance of striped dolphins, and distribution of sperm whales in the Ligurian Sea cetacean sanctuary. *J. of Cetacean Res. and Management*, **2** (1) : 27-36.

Laran S., 2005. *Variations spatio-temporelles du peuplement de cétacés en Mer Ligure (Méditerranée Nord-Occidentale) et relations avec les conditions environnementales*. Ph-D thesis, Free University of Brussels (V.U.B.) : 328 pp.

Marini L., Consiglio C., Angradi A.M., Catalano B., Sanna A., Valentini T., Finoia M.G. & Villetti G., 1996. Distribution, abundance and seasonality of cetaceans sighted during scheduled ferry crossing in the Central Tyrrhenian Sea: 1989-1992. *Italian J. of Zoology*, **63** : 381-388.

Moullins A. & Würtz M., 2005. Occurrence of a herd of female sperm whales and their calves (*Physeter macrocephalus*), off Monaco, in the Ligurian Sea. *J. of the Marine Biol. Ass. of the U.K.*, **85** : 213-214.

Notarbartolo di Sciara G., 1990. A note on the cetacean incidental catch in the Italian driftnet Swordfish Fishery, 1986-1988. *Report of the Intern. Whaling Commission*, **40** : 459-460.

Quetglas A., Carbonell A. & Sanchez P., 2000. Demersal continental shelf and upper slope cephalopod assemblages from Balearic Sea (north-western Mediterranean). Biological aspects of some deep-sea species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **50** : 739-749.

Rice R.W., 1989. Sperm whales *Physeter macrocephalus* Linnaeus, 1758. *In*: Ridway S.H. & Harrison R.J. (eds) *Handbook of Marine Mammals*, Vol 4, *River Dolphins and the larger toothed whales*. Academic Press, London : 177-234.

Roberts S.M., 2003. Examination of the stomach contents from a Mediterranean sperm whales found south of Crete, Greece. *J. of the Mar. Biol. Ass. of the U. K.*, **83** : 667-670.

Whitehead H., 2003. *Sperm whales : Social evolution in the Ocean*. The University of Chicago Press (Eds), 431 pp.

**Remerciements**  
Nous remercions le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable et le Conseil Régional de Provence Alpes Côte d'Azur pour leur soutien financier à ce programme. Nous tenons également à remercier les observateurs bénévoles qui ont participé à ces traversées pendant 3 années. Nous remercions également le referee anonyme qui nous a permis par ses commentaires d'améliorer sensiblement notre manuscrit.



# Mobilité de la communauté ripicole d'une daya du Maroc oriental

Naoual Zitouni\* et Guy Chavanon\*

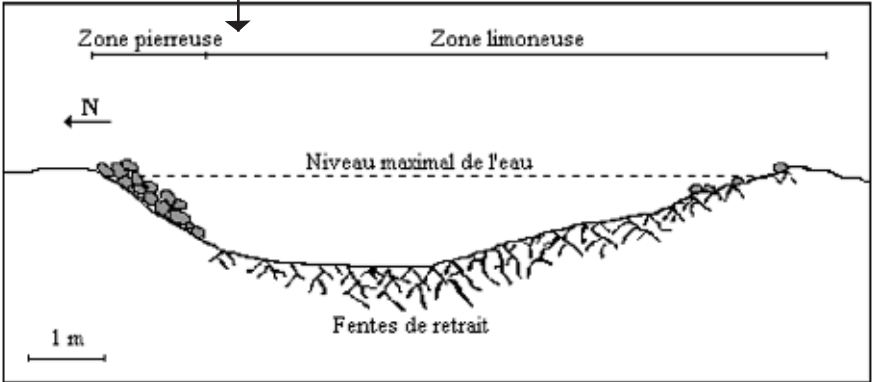
\* U.F.R. des sciences de l'environnement en milieux arides et semi-arides, laboratoire d'Hydrobiologie & Ecologie Générale, Faculté des Sciences, Université Mohamed Ier, B.P. 524, Oujda Maroc.

La mobilité est l'une des caractéristiques essentielles de la communauté ripicole : le peuplement suit les déplacements de la rive et subit de ce fait différents changements dans sa composition faunistique et dans sa structure (Favet, 1988). Un autre aspect de sa mobilité exceptionnelle est sa présence dès l'apparition des biotopes humides et des plans d'eau et sa disparition avec l'assèchement de ceux-ci. D'autre part, il est caractérisé par la succession très rapide et précise de certaines espèces comme c'est le cas de *Lophyridia littoralis* et *Cephalota circumdata* qui ne cohabitent que 3 à 5 jours sur les rives de milieux temporaires (Vives et Vives, 1978).

Nous tentons à travers cette étude une approche préliminaire à l'étude du « degré de sédentarité » des individus colonisant les berges des eaux stagnantes temporaires et de quelques aspects de leur biologie tels que leur rayon d'activité.

Le milieu étudié est une daya ou bassin d'accumulation d'eau à caractère temporaire qui doit son existence et sa durée de mise en eau aux aléas des précipitations. Ce type de plan d'eau occupe généralement un fond argileux et est caractérisé par une certaine homogénéité morphologique (Ramdani, 1988).

La daya DII est située à 25 km à l'ouest d'Oujda, principale ville du Maroc oriental (fig. 1a), elle se trouve en bordure de champs cultivés. Sa rive sud, à pente très faible, possède une vaste plage argilo-limoneuse où apparaissent des fentes de retrait de plus en plus profondes au fur et mesure de l'assèchement du milieu. La rive nord, plus pentue, comprend une zone pierreuse bien individualisée dont les fissures sont très réduites (fig. 1b). La localité où se situe la daya a déjà fait l'objet d'une description détaillée dans un article précédent (Zitouni et Chavanon, 1996).



## Résumé

Notre étude menée durant un cycle de mise en eau d'une daya du Maroc Oriental, a porté sur la pérennité du peuplement des carabiques des berges. La majorité des individus marqués, pour la plupart terrestres, ne sont plus retrouvés trois jours après leur réintroduction. Les espèces terrestres sont plus sédentaires que les espèces ripicoles tant de point de vue de l'effectif que de la durée de séjour sur les berges. Ainsi une espèce ripicole, *Notaphus varius*, massivement lâchée dans ce milieu voit tous ses individus disparaître au bout de 10 jours.

## Mots-clés:

Maroc oriental, dayas, carabiques, marquage, re-capture, lâcher, sédentarité.

## Abstract

### Mobility of the riparian community of a daya of eastern Morocco

Our study, undertaken during a operating cycle of a daya in eastern of Morocco, related to the permanence of the riparian community of Coleoptera Caraboidea. The majority of the marked individuals, for the majority terrestrial, are not found any more three days after their reintroduction. The terrestrial species are more sedentary than the riparian ones : they possess the highest strength and they colonize the banks for a large period. Thus a riparian species, *Notaphus varius*, massively released in this medium disappear at the end of 10 days.

## Keywords:

Eastern Morocco, dayas, Caraboidea, marking-recapture, to release, sedentary lifestyle.

Figure 1  
a-Localisation de la station d'étude  
b-profil schématique de la daya DII (DII : daya 2)

METHODE D'ETUDE

Deux techniques ont été utilisées dans notre étude sur les berges de la daya DII : le lâcher d'une espèce ripicole marquée (*Notaphus varius*) et la technique de marquage re-capture qui a été utilisée par plusieurs auteurs sur des espèces ripicoles ou hygrophiles (Boumezzough et Musso, 1983 ; Eusebi et al.,1989 ; Matalin, 1994).

a- Méthode de marquage re-captures

Deux campagnes de marquage re-captures ont été réalisées, la première du 08 novembre 1992 au 24 décembre 1992 et la seconde du 14 avril 1993 au 28 mai 1993, à raison d'une sortie tous les deux jours.

Le marquage englobe les individus d'espèces terrestres et ripicoles rencontrées sur la daya dont la taille est supérieure à 5mm. Ceux-ci se prêtent facilement au marquage et gardent leurs marques plus longtemps. Le marquage est effectué grâce à du vernis à ongle appliqué sur les élytres et le corselet (fig.2).A partir de deux couleurs différentes,37 combinaisons ont pu être utilisées sur les deux campagnes de sorties. La date et chaque symbole de marquage sont répertoriés ainsi que la position de l'insecte marqué par rapport à la daya.

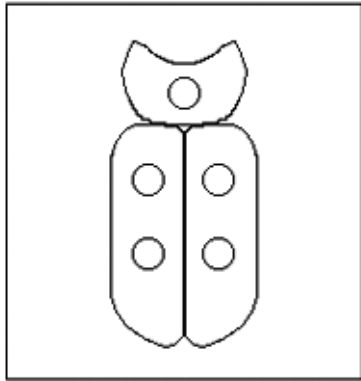


Figure 2  
Secteurs du corselet et des élytres utilisés pour le marquage

L'objectif n'étant pas une estimation de la taille de la population, seul l'individu marqué est considéré. Dans ce cas il doit remplir une unique condition : c'est que les marques soient conservées pendant toute la durée de l'étude (Barbault, 1981 ; Legay et Debouzie, 1985). Ceci a été testé avec succès avant le début du marquage.

b-Lâcher d'une espèce ripicole

La campagne de lâcher de *N. varius*, effectuée au printemps 1994, s'est prolongée sur 13 jours (du 20 avril au 02 mai) depuis la mise en eau du milieu jusqu'à son assèchement. Deux cents individus prélevés sur les berges de la retenue d'un barrage de la région (Barrage Mohammed V) ont été marqués et relâchés sur les rives de la daya DII. La variation de leur effectif a été suivie de façon journalière pendant la première semaine puis tous les deux jours.

RESULTATS

a- Sédentarité du peuplement des berges de la daya DII

La première campagne a permis le marquage de 115 individus, appartenant à 14 espèces, (tableau I). Les espèces terrestres regroupent 105 individus, soit plus de 91% du total. 85% des individus marqués se rattachent à 3 espèces très fréquentes sur les berges de la daya (*Orthobomus velocissimus*, *Cymindis setifensis* et *Harpalus tenebrosus*). Seul 8 individus ont été retrouvés, soit un taux de re-capture global de 7% (fig.3), dont 2 ripicoles re-capturés 3 jours après leur marquage et 6 terrestres (ce qui donne un taux de re-capture de 5.7% pour ce groupe) (fig.4).

Durant la seconde campagne, 132 individus représentant 8 espèces différentes ont été marqués dont 85.6% d'origine terrestre (tableau I). En plus de *Paracelia simplex* et *Ditomus. spbaerocephalus*, la plupart des terrestres appartiennent aux 3 principales espèces marquées lors de la première campagne. Ce groupe écologique comprend un taux de re-capture de 25.7% contre 5.3% pour l'ensemble des ripicoles et hygrophiles parmi lesquels une seule espèce hygrophile seulement a été retrouvé (*Angoleus crenatus*) (fig.4).

Campagnes Taxons	Nombre d'individus marqués		Taux de re-capture	
	I	II	I	II
<i>Orthobomus velocissimus lacouri</i>	74	19	4%	26.30%
<i>Cymindis setifensis setifensis</i>	13	26	0%	65.40%
<i>Angoleus nitidus</i>	2	3	.	.
<i>Harpalus tenebrosus</i>	11	17	9%	17.60%
<i>Harpalus distinguendus ?</i>	1	2	.	.
<i>Ditomus spbaerocephalus</i>	3	12	.	16.60%
<i>Angoleus crenatus</i>	3	14	.	7.10%
<i>Paracelia simplex</i>	1	39	.	5.10%
<i>Agonum marginatum</i>	2	.	.	.
<i>Chlaeniellus olivieri ?</i>	1	.	.	.
<i>Chlaenites spoliatus</i>	1	.	.	.
<i>Ditomus opacus ?</i>	1	.	.	.
<i>Broscus politus</i>	1	.	.	.
<i>Genus sp. 1</i>	1	.	.	.
Total	115	132	-	-

Tableau I  
Nombre d'individus marqués et taux de re-capture par taxon et par campagne.

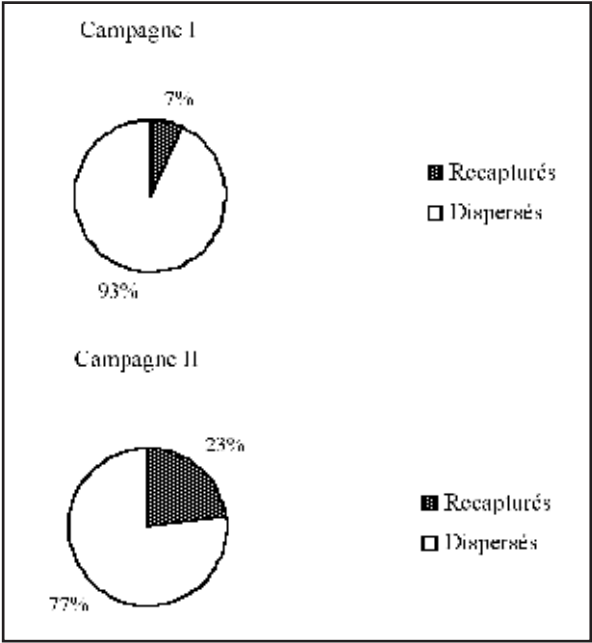


Figure 3  
Proportion des individus re-capturés et des individus dispersés durant les campagnes I et II.

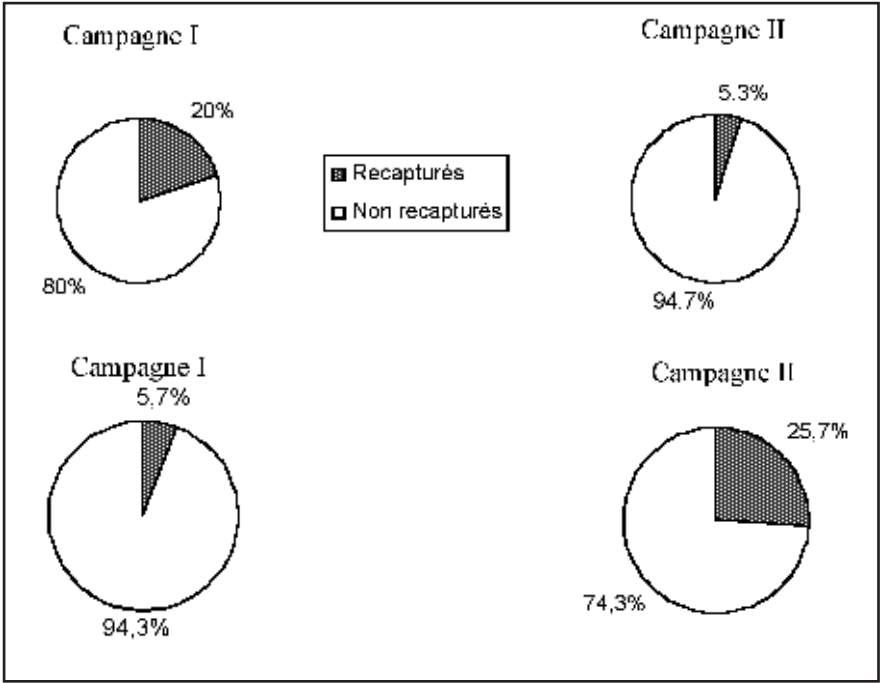


Figure 4  
Taux de re-capture enregistrés durant les campagnes I et II pour les différents groupes écologiques



Tableau II

Nombre d'individus marqués et taux de re-capture par taxon et par campagne.

Le taux de re-capture est assez faible dans l'ensemble d'autant plus qu'il faut prendre en considération que, de surface restreinte, le milieu humide des bords des dayas ne permet pas une grande dispersion des individus qui y sont inféodés et qu'il est possible d'explorer toute sa surface pour y chercher les individus précédemment marqués. On peut donc aisément en déduire que les individus qui n'ont pas été retrouvés ne se trouvaient plus dans le milieu lors de nos prospections. Malgré la variabilité du taux de re-capture des groupes écologiques d'une campagne à l'autre, il apparaît que les espèces ripicoles et les espèces hygrophiles sont rarement retrouvées sur les berges. En effet, seuls 3 individus ont été retrouvés durant toute l'étude. Ceci semble indiquer que les individus de ce groupe ne passent que très brièvement par ce milieu. D'autre part, la variabilité du taux de re-capture des espèces terrestres est en partie liée au fait que ces individus, non strictement inféodés aux berges humides des dayas, peuvent facilement quitter ce milieu pour s'installer dans les milieux terrestres voisins. L'étude de la durée de présence des individus dans le milieu (tableaux II & III) montre qu'aucune espèce ripicole ou hygrophile n'a été récoltée au-delà de 3 jours après son lâcher. Même si le nombre d'individus testés appartenant à ce groupe est trop faible, ces résultats vont également dans le sens d'un transit bref des espèces ripicoles et des espèces hygrophiles sur les berges des dayas.

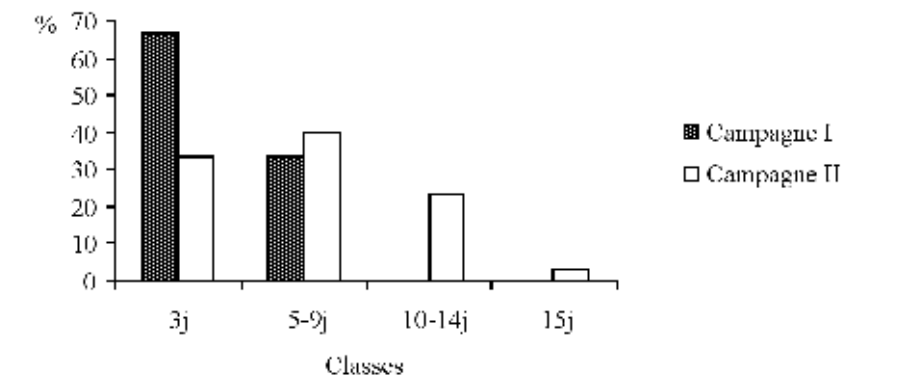
Taxons \ Campagnes	numéro	marsué le	re-capturé le	nombre de jours	Distance parcourue
<i>D. sphaerocephalus</i>	n°1	12/11/92	14/11/92	3	36m
	n°2	16/11/92	18/11/92	5	...
<i>O. velocissimus lacouri</i>	n°1	18/11/92	20/11/92	3	...
	n°2	16/11/92	24/11/92	9	...
	n°3	18/12/92	20/12/92	3	17,5-24,5m
<i>C. poliatus</i>	n°1	14/11/92	16/11/92	3	63m
<i>A. marginatum</i>	n°1	16/11/92	18/11/92	3	21m
<i>H. tenebrosus</i>	n°1	14/11/92	18/11/92	3	31,5m

Tableau III

Numéro, date de marquage et de re-capture des individus retrouvés durant la campagne II, le nombre de jours passés sur la daya, et la distance (approximative) parcourue.

Taxons \ Campagnes	numéro	marsué le	re-capturé le	nombre de jours	Distance parcourue
<i>C. setifensis setifensis</i>	n°1	18/04/93	20/04/93	3	0m
	n°2	26/04/93	28/04/93	3	24,5m.
	n°3	28/04/93	30/04/93	3	3,5m
	n°4	26/04/93	30/04/93	5	—
	n°5	30/04/93	04/05/93	5	—
	n°6	30/04/93	04/05/93	5	—
	n°7	30/04/93	06/05/93	7	—
	n°8	30/04/93	06/05/93	7	—
	n°9	24/04/93	06/05/93	13	—
	n°10	26/04/93	06/05/93	11	—
	n°11	30/04/93	08/05/93	9	—
	n°12	30/04/93	10/05/93	11	—
	n°13	06/05/93	16/05/93	11	5-15m
	n°14	10/05/93	19/05/93	10	5-8m
	n°15	14/05/93	19/05/93	8	5m
	n°16	10/05/93	23/05/93	14	1,5-5m
	n°17	26/04/93	26/05/93	31	—
<i>O. velocissimus lacouri</i>	n°1	28/04/93	30/04/93	3	3,5m
	n°2	04/05/93	06/05/93	3	—
	n°3	02/05/93	08/05/93	7	12m
	n°4	02/05/93	08/05/93	7	12m
	n°5	19/05/93	23/05/93	5	0-4,5m
<i>H. tenebrosus</i>	n°1	26/04/93	28/04/93	3	22,8m
	n°2	04/05/93	08/05/93	5	17m
	n°3	14/05/93	16/05/93	3	26m
<i>P. simplex</i>	n°1	22/04/93	24/04/93	3	—
	n°2	06/05/93	16/05/93	11	—
<i>D. sphaerocephalus</i>	n°1	04/05/63	06/05/93	3	1,5m
	n°2	04/05/93	12/05/93	9	5m
<i>A. crenatus</i>	n°1	22/04/93	24/04/93	3	—

Au contraire, un certain nombre de terrestres ont séjourné dans le milieu durant des périodes plus ou moins longues (tableaux II & III). Ainsi, lors de la 1<sup>ère</sup> campagne un *D. sphaerocephalus* est resté en place les 5 jours suivant son marquage et un *O. velocissimus* était encore dans le milieu 9 jours après avoir été marqué. Au cours de la 2<sup>ème</sup> campagne la sédentarité des espèces terrestres est encore plus nette (fig.5). Ainsi, parmi l'ensemble des individus re-capturés, presque le tiers (31%) n'a pas été retrouvé au-delà de 3 jours du marquage, près de 42% ont séjourné dans le biotope de 5 à 9 jours après avoir été marqué et plus de 27% sont restés dans le milieu plus de 10 jours. Le record a été enregistré par un *C. setifensis* qui se trouvait encore sur les berges de la daya après 31 jours, se rapprochant ainsi des résultats obtenus par Eusebi *et al.* (1989) avec la cicindèle *Cephalota circumdata* qui a été re-capturée au bord de la lagune d'Ortebello (Italie) 37 jours après son marquage.



Par ailleurs, on constate de fortes variations dans le taux de re-capture d'une campagne à l'autre pour la même espèce et, pour une même campagne, entre les différentes espèces (tableau I). En effet, le nombre de re-captures global étant élevé durant la 2<sup>ème</sup> campagne, il est possible de mettre en évidence de grandes différences entre espèces. Ainsi, 65.4% des individus de *C. setifensis* marqués sont re-capturés au moins une fois après leur marquage. Il en est de même pour un peu plus du quart des *O. velocissimus*. Ces deux espèces peuvent donc être considérées comme des espèces fortement sédentaires. Deux autres espèces, *H. tenebrosus* et *D. sphaerocephalus*, montrent un taux de re-capture de l'ordre de 17%, ce sont des espèces à sédentarité moyenne. Il est à noter que ces quatre espèces sont toutes terrestres. Enfin, deux autres espèces, *P. simplex* et *A. crenatus*, semblent nettement plus erratiques avec des taux de re-capture compris entre 5 et 7%. La durée de séjour de chaque individu varie également à l'intérieur d'une même espèce (tableau III). Ainsi, si un certain nombre d'individus, pour une espèce donnée, ne se retrouvent pas au-delà de 3 jours, d'autres, au contraire, séjournent plus longtemps dans la station. Il y a un parallélisme, pour ne pas dire une corrélation entre le taux de re-capture et la durée de séjour des individus. De ce fait, les espèces ayant le plus fort taux de re-capture sont également celles pour lesquelles le plus grand nombre d'individus sont retrouvés au-delà de 3 jours : 82.3% des individus re-capturés pour *C. setifensis* et 60% pour *O. velocissimus* alors que pour toutes les autres espèces ce taux est inférieur ou égal à 50%. Il en est de même pour la durée maximale de séjour enregistrée : 31 jours pour *C. setifensis*, 9 jours pour *O. velocissimus* et *D. sphaerocephalus*, 7 jours pour *H. tenebrosus*... Lors de leur séjour sur les berges de la daya, les individus sont susceptibles de faire des déplacements d'une certaine amplitude. Eusebi *et al.* (1989) par exemple re-capturent des individus de *Cephalota circumdata* dans un rayon de 30 m autour de leur point de lâcher. Sur les berges de la daya, la plupart des individus marqués ont été re-capturés entre 0 et 26 m (tableaux II & III). Cependant, certains individus font exception c'est le cas d'un *D. sphaerocephalus* retrouvé à 36 m de son point d'origine et un *C. spoliatus* à environ 60 m.

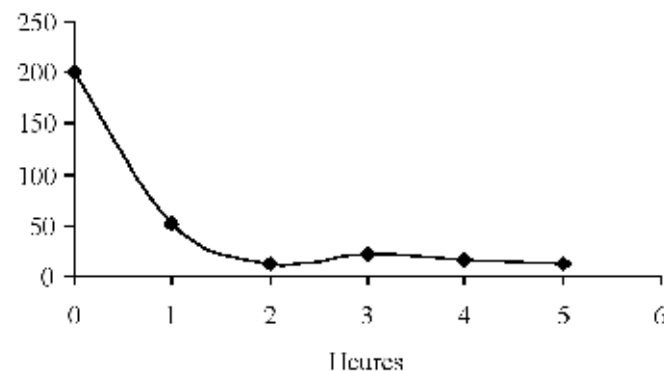
b- Evolution de l'effectif d'une espèce ripicole lâchée sur les berges de la daya DII

La majorité des individus rencontrés et marqués sur les berges de la daya étaient d'origine terrestre. Afin d'analyser la sédentarité des espèces ripicoles nous avons procédé à un

Figure 5  
Proportion des individus appartenant aux espèces terrestres selon le nombre de jours passés sur la daya DII durant les campagnes I et II

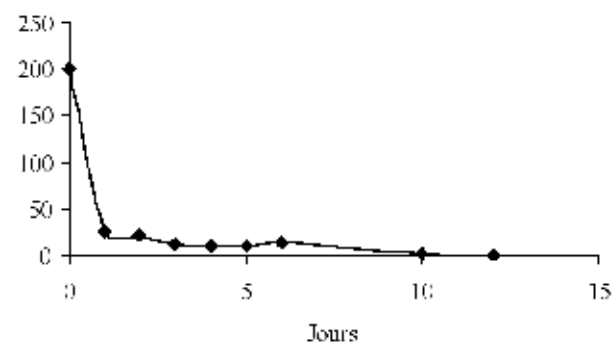
lâcher massif d'une espèce ripicole, à partir d'individus d'origine exogène. Ainsi, 200 individus de *N. varius* marqués et originaires des berges de la retenue du barrage Mohammed V ont été lâchés sur les rives de la daya DII. Le choix de cette espèce s'est basé sur deux critères. D'une part, l'espèce a déjà été retrouvée, à plusieurs reprises, sur les rives de la daya ce qui indique que celle-ci représente un milieu naturel de l'espèce. Néanmoins, elle y a toujours été récoltée en effectifs assez faibles, donc l'arrivée éventuelle de quelques individus ne peut pas provoquer de perturbations notables de l'expérimentation. D'autre part, cette espèce pullule sur les rives du barrage Mohammed V où il est donc possible d'en récolter facilement de grandes quantités. Une heure seulement après la libération de ces individus, un quart seulement de la population a été retrouvé. Sur les 200 individus lâchés à 11h, 51 ont été re-capturés à 12h. L'effectif continue ensuite à diminuer de telle sorte qu'après 5h, 11 individus ont été retrouvés soit 5.5% de l'effectif libéré (fig.6).

Figure 6  
Evolution de l'effectif de *Notaphus varius* durant les premières heures de son lâcher le 20 avril 1994



Vingt-quatre heures après le lâcher le nombre d'individus re-capturés passe à 25 (fig.7). Il y a donc une légère ré-augmentation de la population qui est peut être liée à un retour sur la daya de quelques individus qui s'étaient d'abord dispersés dans les environs et qui pourrait traduire ainsi une recherche d'équilibre de la population avec les capacités d'accueil du milieu. Au delà de 24h l'effectif diminue assez régulièrement jusqu'à la disparition du dernier individu vers le 12ème jour (fig.7).

Figure 7  
Evolution de l'effectif de *Notaphus varius* depuis son lâcher jusqu'à sa disparition du milieu.



*N. varius* s'est donc maintenu 11 jours sur les rives de la daya avec un effectif réduit à moins de 1/8ème de la population introduite dès les premières heures du lâcher. Cette réduction massive et très précoce de la population correspond au départ de tous les individus en surnombre dans le milieu. Lors du lâcher, les individus se dispersent certains occupent les divers abris du milieu et les autres, majoritaires, quittent la station où ils se trouvent en excédent. Il n'y a donc pas installation d'une phase transitoire de surpopulation. La plupart des individus se dispersent en marchant puis en s'envolant, les espèces ripicoles sont en effet de bons voiliers (Bigot et Gautier, 1981). Matalin (1994) a, par ailleurs, constaté que les ripicoles du genre *Stenolophus* se déplacent de façon prédominante par le vol, la marche étant très peu utilisée et ce quelle que soit la saison.

## CONCLUSIONS

L'étude entreprise a permis, sinon d'obtenir des résultats définitifs, du moins d'esquisser l'ébauche de quelques caractéristiques du mode de colonisation et de la plus ou moins grande pérennité des individus dans le milieu. Il apparaît ainsi que le nombre d'individus séjournant de façon durable dans le milieu (au moins pendant 3 jours) est relativement faible. Parmi ceux-ci, les individus terrestres, largement dominants, apparaissent beaucoup plus sédentaires que les ripicoles tant en nombre d'individus qu'en durée de séjour. Ceci serait lié au fait que, colonisant le milieu à partir de biotopes voisins, ils soient peu sujets à de grands déplacements. Les rives peuvent constituer pour eux des milieux privilégiés par leurs potentialités trophiques. Au contraire, les espèces ripicoles et les espèces hygrophiles viennent de milieux beaucoup plus éloignés. Elles sont strictement inféodées aux milieux humides et leur présence au bord des dayas ne peut être que temporaire, le milieu s'asséchant en général rapidement. Par ailleurs, il y a une liaison assez étroite entre la sédentarité (exprimée par le taux de re-capture) et la durée potentielle de séjour des individus. En effet les espèces pour lesquelles les taux de re-capture sont les plus élevés sont également celles pour lesquelles certains individus ont été retrouvés longtemps après leur lâcher. Les distances parcourues par les individus « sédentarisés » montre que ceux-ci sont parfois capables de déplacements assez importants. Ils exploitent apparemment l'ensemble du biotope et ne semblent pas avoir de comportement territorial.

Une heure après le lâcher massif d'une espèce ripicole, il s'établit un équilibre entre la taille de la population et la capacité d'accueil du milieu. La majorité des individus en excès disparaît rapidement et 10 jours après le lâcher tous les individus quittent le milieu. Les rives de dayas constituent donc des milieux d'accueil temporaires que les espèces ripicoles colonisent brièvement.

## REFERENCES

- Barbault R., 1981 - *Ecologie des populations et des peuplements*. Masson Ed., Paris : 200p.
- Bigot L., Gautier G., 1981 - Originalité et intérêt écologique de la communauté ripicole et pélophile de surface. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 41 : 13-30.
- Boumezzough A., Musso J.J., 1983 - Etude des communautés animales ripicoles du bassin de la rivière Aille (Var- France). I : Aspects biologiques et éco-éthologiques. *Ecol. Méditer*, IX (1) : 31-56.
- Eusebi M., Favilli L., Lovari S., 1989 - Some abiotic factors affecting the activity and habitat choice of the tiger beetle *Cephalota circumdata leonschaeferi* (Cassola) (Coleoptera, Cicindelidae). *Boll. Zool.* 56 : 143-150.
- Favet C., 1988 - Contribution à l'étude écologique des populations ripicoles de Basse-Durance II : Dynamique spatiale de la communauté des galets. *Mésogée*, 48 : 103-110.
- Legay J.M., Debouzie D., 1985 - *Introduction à une biologie des populations*. Masson ed., Paris : 149p.
- Matalin A.V., 1994 - The strategy of dispersal behaviour in some Carabidae species of South-eastern Europe. in *Carabid Beetles : Ecology and Evolution*. K. Desender *et al.* Kluwer Academic Ed. Hollande : 183-188.
- Ramdani M., 1988 - Les eaux stagnantes au Maroc : études bio-typologique et biogéographique du zooplancton. *Trav. Inst. Sci.*, Rabat, Série Zool. 43 : 1-40.
- Vives J., Vives E., 1978 - Coleopteros halofilos de los Monegros. *Bol. Asoc. Esp. Entom.* 2 : 205-214.
- Zitouni N., Chavanon G., 1996 - Phases de colonisation des berges de deux dayas du Maroc oriental durant leur mise en eau automnale : cas des coléoptères carabiques. *Ecol. Méditer.* XXII (1/2) : 63-75.



# INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Les manuscrits doivent être fournis dans un premier temps en trois exemplaires dactylographiés, format A4 recto uniquement ou par courrier électronique. Les textes retenus seront soumis à l’avis d’un relecteur. La version corrigée sera fournie sur support informatique.

Chaque article comprendra :

Titre français et anglais

Prénom et nom du ou des auteurs et adresses respectives (dans le cas de co-auteurs préciser le nom du correspondant)

Résumé de 10 lignes maximum et six mots clés dans la langue courante de l’article

Résumé de 20 lignes maximum et six mots clés dans l’autre langue

Introduction

Matériels et méthodes

Résultats et discussion

Conclusion

Remerciements

Références.

Les noms latins (genre et espèce) uniquement doivent être écrits en italique. Les noms d’auteurs seront écrits en minuscule.

Les numéros des figures seront en chiffres arabes, ceux des tableaux en chiffres romains et les unités de mesure normalisées sur le mode du Système International d’Unités.

Les références bibliographiques citées dans le texte doivent être regroupées par ordre alphabétique à la fin du manuscrit sur le modèle suivant :

**Ramade F., 1974.***Eléments d’écologie appliquée*. Paris, Ediscience Ed. : 522 p.

**Francke W. et Engel W., 1986.** Synorogenic sedimentation in the Variscan belt of Europe. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, sér. 8, 2 (1) : 25-33.

**Janzen D. 1988.** Tropical dry forests. The most endangered major tropical ecosystem : 130-137, *in* : Biodiversity, Wilson Ed., 521 p.

Illustrations :

Les tableaux seront saisis sous Word ou Excel uniquement.

Les illustrations originales au trait se feront sur bristol blanc, à l’encre de Chine noire et seront dotées d’un numéro d’ordre.

Dans tous les cas, tenir compte des réductions dans le choix des lettres et des signes.

Les illustrations photographiques, uniquement en noir et blanc, seront fournies sur tirages papier ou diapositives de qualité.

Les images informatiques seront fournies en format TIFF ou JPEG .

Les légendes des figures et tableaux seront regroupées sur une même page.

Tirés-à-part:

Il sera fourni gratuitement 25 tirés-à-part à chaque auteur de l’article. Toute commande supplémentaire devra être formulée lors du renvoi du manuscrit corrigé, accompagnée du nom et de l’adresse de la personne ou de l’organisme à qui sera envoyée la facture.

# INSTRUCTIONS TO AUTHORS

Papers must first be handed out in triplicate typed A4 format paper, front page only or by e-mail.

The texts selected will be submitted to a reviewer. After correction, the final version will be sent on computer support.

Each paper should content :

Title in French and in English

Name(s), surname(s) and address(es) of author(s) (in case of co-authors, indicate the correspondent one)

Ten lines maximum abstract and six key-words in the current language of the article

Twenty lines maximum abstract and six key-words in the other language

Introduction

Materials and methods

Results and discussion

Conclusion

Acknowledgements

References

Latin names only (Genus and species) would be wrote in italic, author names in small letters.

Figures numbers must be noted in Arabic numerals, tables one in Roman numbers and measure units standardized on the International Units System model.

Bibliographic references mentioned in the text must be listed in alphabetic order, at the end of the paper, as following :

**Ramade F., 1974.***Eléments d’écologie appliquée*. Paris, Ediscience Ed. : 522 p.

**Francke W. et Engel W., 1986.** Synorogenic sedimentation in the Variscan belt of Europe. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, sér. 8, 2 (1) : 25-33.

**Janzen D. 1988.** Tropical dry forests. The most endangered major tropical ecosystem : 130-137, *in* : Biodiversity, Wilson Ed., 521 p.

Illustrations

Tables should be typed on Word or Excel software only.

Original drawings should be made on white paper with Chinese ink, with an order number.

In any case, take into account reductions in the choice of letters and symbols.

Photographic illustrations, only black and white, should be on opaque paper or transparent support (dias of high quality).

Computer pictures should be in TIFF or JPEG format.

Legends of figures and tables should be note on a same page.

Off prints

Each author or co-author will receive 25 off prints free of charge. Additional off prints should be ordered with the sending of corrected version , with name and address of person or institute where invoice must be sent.